ISSN 2413-452X

ПАЁМИ
ДОНИШГОҲИ МИЛЛИИ ТОҶИКИСТОН
Бахши илмҳои табиӣ
2020. № 3.

ВЕСТНИК
ТАДЖИКСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
Серия естественных наук
2020. № 3.

BULLETIN
OF THE TAJIK NATIONAL UNIVERSITY
Series of natural sciences
2020. No. 3.

МАРКАЗИ
ТАБЪУ НАШР, БАРГАРДОН ВА ТАРҶУМА
ДУШАНБЕ – 2020

ПАЁМИ ДОНИШГОҲИ МИЛЛИИ ТОҶИКИСТОН

БАХШИ ИЛМҲОИ ТАБИӢ
Муассиси маҷалла:
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон
Маҷалла соли 2012 таъсис дода шудааст.
Дар як сол 4 шумора нашр мегардад.

САРМУҲАРРИР:

Хушвахтзода Қобилҷон Хушвахт	*Доктори илмҳои иқтисодӣ, профессор, Донишгоҳи миллии Тоҷикистон*

МУОВИНИ САРМУҲАРРИР:

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

МУОВИНИ САРМУҲАРРИР:

Исмонов Карорматулло Бадридинович	*Номзади илмҳои филологӣ, дотсент, директори Маркази табъу нашр, баргардон ва тарҷумаи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон*

ҲАЙАТИ ТАҲРИРИЯ

01.01.01 – Математика

Рачабов Нусрат Рачабович	*Доктори илмҳои физикаю математика, профессор*
Ҷангибеков Гулхоҷа	*Доктори илмҳои физикаю математика*
Мустафоқулов Раҳмонқул	*Доктори илмҳои физикаю математика, профессор*
Шерматов Нурмаҳмад	*Доктори илмҳои техникӣ, профессор*
Сатторов Абдуманон	*Доктори илмҳои физикаю математика, профессор*

01.04.00 – Физика

Двинин Сергей Александрович	*Доктори илмҳои физикаю математика, дотсент*
Солиҳов Давлат Куватович	*Доктори илмҳои физикаю математика, профессор*
Махсудов Барот Исломович	*Доктори илмҳои физикаю математика, профессор*
Рашидов Ҷалил Рашидович	*Доктори илмҳои физикаю математика, профессор*
Абдуллоев Хасан Муминҷонович	*Доктори илмҳои физикаю математика, профессор*
Комилов Қосим	*Доктори илмҳои физикаю математика, профессор*
Султонов Низом Султонович	*Доктори илмҳои физикаю математика, профессор*

02.00.00 – Илмҳои кимиё

Дегтев Михаил Иванович	*Доктори илмҳои химия, профессор*
Ҷураев Тухтасун Ҷураевич	*Доктори илмҳои химия, профессор*
Солиев Лутфулло	*Доктори илмҳои химия, профессор*
Мурзубраимов Бектемир Мурзубраимович	*Доктори илмҳои химия, профессор*
Кустов Андрей Владимирович	*Доктори илмҳои химия, профессор*
Холиқов Ширинбек Холиқович	*Доктори илмҳои химия, профессор*
Суяров Қурбонхон Ҷураевич	*Номзади илмҳои химия, дотсент*

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

Маҷалла мақолаҳои илмии соҳаҳои зерини илмро барои чоп 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 пайваста дар системаи индексатсионии мазкур дар бораи шумораҳои чопшуда маълумот ворид менамояд.

Маҷалла сомонаи расмии худро дорад, ки дар он матни мукаммали маводи чопӣ ҷойгир карда шудааст (www.vestnik-tnu.com).

Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Бахши илмҳои табиӣ
– 2020. – №3.
ISSN 2413-452X
Маҷалла дар Вазорати фарҳанги Ҷумҳурии Тоҷикистон № 0039/ЖР-97 аз 17.01.2018 ба қайд гирифта шудааст.
Маҷалла дар Маркази табъу нашр, баргардон ва тарҷумаи ДМТ барои нашр таҳия мегардад. Нишонии 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 Хушвахт	*Доктор экономических наук, профессор, ректор Таджикского национального университета*

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

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

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Исмонов Карорматулло Бадридинович	*Кандидат филологических наук, доцент, директор Издательского центра 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. – №3.
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

© ТНУ, 2020

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	*Doctor of Economic Sciences, Professor, Rector of the Tajik National University*

DEPUTY CHIEF EDITOR:

Safarmamadov Safarmamad Muborakshoevich	*Doctor of Chemical Sciences, Professor, Vice-rector for Science of the Tajik National University*

DEPUTY CHIEF EDITOR:

Ismonov Karomatullo Badridinovich	*Candidate of philology sciences, associate professor, director of the Publishing Center of the Tajik National University*

MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

01.01.00 - Mathematics	
Rajabov Nusrat Rajabovich	*Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician*
Jangibekov Gulkhoja	*Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor*
Mustafokulov Rahmonkul	*Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor*
Shermatov Nurmahmad	*Doctor of Technical Sciences, Professor*
Sattorov Abdumanon	*Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor*
01.04.00 - Physics	
Dvinin Sergei Aleksandrovich	*Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor*
Solihov Davlat Kuvatovich	*Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor*
Makhsudov Barot Islomovich	*Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor*
Rashidov Jalil Rashidovich	*Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor*
Abdulloev Hasan Muminjanovich	*Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor*
Komilov Kosim	*Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor*
Sultonov Nizom Sultonovich	*Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor*
02.00.00 - Chemical sciences	
Degtev Mikhail Ivanovich	*Doctor of Chemical Sciences, Professor*
Juraev Tukhtasun Juraevich	*Doctor of Chemical Sciences, Professor*
Soliev Lutfullo	*Doctor of Chemical Sciences, Professor*
Murzubraimov Bektemir Murzubraimovich	*Doctor of Chemical Sciences, Professor*
Kustov Andrei Vladimirovich	*Doctor of Chemical Sciences, Professor*
Kholikov Shirinbek Kholikovich	*Doctor of Chemical Sciences, Professor*
Suyarov Kurbonkhon Ouraevich	*Candidate of chemical sciences, associate professor*

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. – №3.
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

© TNU, 2020

УДК:517.968.23

СВЕРХ-СИНГУЛЯРНЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ ВОЛЬТЕРРА ТРЕТЬЕГО РОДА СО СВЕРХ-СИНГУЛЯРНЫМ ЯДРОМ

Раджабов Н.
Таджикский национальный университет

Через $\Gamma = \{x: a < x < b\}$ обозначим множества точек на вещественной оси, $c \in \Gamma$. На $\Gamma_o = \Gamma/\{c\}$ рассмотрим интегральное уравнение

$$|x-c|^{\alpha}\varphi(x) + \int_c^x [p + q[\omega_a^{\alpha}(t) - \omega_a^{\alpha}(x)]]\varphi(t)\,dt = f(x), \quad (1)$$

где $p,\ q -$ заданные постоянные, $\omega_a^{\alpha}(x) = \left[(\alpha-1)|x-c|^{(\alpha-1)}\right]^{-1}$, $f(x) -$ заданная функция, $\varphi(x)$ –искомая функция, $\alpha = const > 1.$

Уравнение (1) назовём сверх-сингулярным интегральным уравнением Вольтерра третьего рода, с внутренним сверх-сингулярным ядром.

С помощью точек $x = c$ отрезку Γ разбиваем на две части $\Gamma_1 = \{x: a < x < c\}$ и $\Gamma_2 = \{x: c < x < b\}$. Пусть $x \in \Gamma_1$, тогда $|x-c| = c - x$ и интегральное уравнение (1) принимает вид

$$(c-x)^{\alpha}\varphi(x) - \int_x^c [p + q[\omega_a^{\alpha,-}(t) - \omega_a^{\alpha,-}(x)]]\varphi(t)\,dt = f(x), \quad (2)$$

где $\omega_a^{\alpha,-}(x) = [(\alpha-1)(c-x)^{\alpha-1}]^{-1}$.

Когда $x \in \Gamma_2$, тогда $|x-c| = x - c$ и интегральное уравнение (1) принимает вид

$$(x-c)^{\alpha}\varphi(x) + \int_c^x \left[p + q\left[\omega_a^{\alpha,+}(t) - \omega_a^{\alpha,*}(x)\right]\right]\varphi(t)\,dt = f(x), \quad (3)$$

где $\omega_a^{\alpha,+}(x) = [(\alpha-1)(x-c)^{\alpha-1}]^{-1}$.

Таким *обра*зом, задач*а* о нахождении решения интегрального уравнения (1) свелось к нахождению решения супер-сингулярного интегрального уравнения, когда ядро имеет супер-сингулярность в правой граничной точке (2) и супер-сингулярного интегрального уравнения, когда ядро имеет супер-сингулярность в левой граничной точке (3).

Проблеме исследованиям интегральным уравнениям с сингулярными и супер-сингулярными ядрами посвящено работы [1]-[11] и литература указанные в них.

Интегральному уравнению (3) соответствует характеристическое уравнение

$$\lambda^2 - p\lambda + q = 0 \quad (4)$$

В случае когда, корни характеристического уравнения (4) вещественные, разные и отрицательные $\lambda_1 < 0, \lambda_2 < 0$ ($p < o, q > o$ согласно [11] интегральному уравнению (3) соответствует решение

$$\varphi(x) = (x-c)^{-\alpha}\left[exp\left[\lambda_1\omega_a^{\alpha,+}(x)\right]c_1 + exp\left[\lambda_2\omega_a^{\alpha,+}(x)\right]c_2\right] + K_{\alpha}^{+}[f(x)], \quad (5)$$

где $C_1, C_2 -$ произвольные постоянные,

$$K_{\alpha}^{+}[f(x)] = (x-c)^{-\alpha}\left[f(x) - \frac{1}{\lambda_2-\lambda_1}\int_c^x \left\{\lambda_2^2 exp\left[\lambda_2\left(\omega_a^{\alpha,+}(x) - \omega_a^{\alpha,+}(t)\right)\right] - \lambda_1^2 exp\left[\lambda_1\left(\omega_a^{\alpha,+}(x) - \omega_a^{\alpha,+}(t)\right)\right]\right\}\frac{f(t)}{(t-c)^{\alpha}}dt\right]$$

Решение вида (5) существует, если $f(x) \in C(\overline{\Gamma}), f(c) = 0$ с асимптотическим поведением

$$f(x) = o\left[exp\left[\lambda_1 \omega_a^{\alpha,+}(x)\right](x-c)^{\delta_1}\right], \delta_1 > \alpha - 1 \text{при } x \to c + 0 \text{ . (6)}$$

Интегральному уравнению (2) соответствует характеристическое уравнение

$$\mu^2 + p\mu - q = 0 \text{ . (7)}$$

В случае, когда $\mu_1 > 0, \mu_2 < 0$($p < o, q >$0), решение интегрального уравнения (2) дается формулой

$$\varphi(x) = (c-x)^{-\alpha}[exp[\mu_2 \omega_a^{\alpha,-}(x)]c_3] + K_\alpha^-[f(x)], \text{ (8)}$$

где c_3 — произвольная постоянная,

$$K_\alpha^-[f(x)] = (c-x)^{-\alpha}.$$

$$\left[\frac{(c-x)^{-\alpha}}{\mu_2 - \mu_1}\int_x^c \{\mu_2^2 exp\left[\mu_2\left(\omega_a^{\alpha,-}(x) - \omega_a^{\alpha,-}(t)\right)\right] - \mu_1^2 exp\left[\mu_1\left(\omega_a^{\alpha,-}(x) - \omega_a^{\alpha,-}(t)\right)\right]\}\frac{f(t)}{(c-c)^\alpha}dt\right] f(x) +$$

Тогда если в этом случае, решение интегрального уравнения (1) существует,она дается формулой

$$\varphi(x) = \begin{cases} (c-x)^{-\alpha}[exp[\mu_2 \omega_a^{\alpha,-}(x)]c_3] + K_\alpha^-[f(x)], & \text{когда } x \in \Gamma_1 \\ (x-c)^{-\alpha}\left[exp\left[\lambda_1 \omega_a^{\alpha,+}(x)\right]c_1 + exp\left[\lambda_2 \omega_a^{\alpha,+}(x)\right]c_2\right] + K_\alpha^+[f(x)], & \text{когда } x \in\in \Gamma_2 \end{cases} \text{ (9)}$$

Решение вида (9) существует, если $f(x) \in C(\overline{\Gamma}), f(c) = 0$ с асимптотическим повелением

$$f(x) = o\left[exp[\mu_2 \omega_a^{\alpha,-}(x)](c-x)^{\delta_1}\right], \delta_1 > \alpha - 1 \text{при } x \to c - 0. \text{ (10)}$$

и

$$f(x) = o\left[exp\left[-|\lambda_2|\omega_a^{\alpha,+}(x)\right](x-c)^{\delta_2}\right], \delta_2 > \alpha - 1 \text{ при } x \to c + 0. \text{ (11)}$$

Таким образом, в этом случае имеет место следующее утверждение

Теорема 1. *Пусть в интегральном уравнение (1) параметры* p, q *такие что корни алгебраического уравнения (4) вещественные, разные и отрицательные, то есть* $p < 0, q > 0, \ p^2 - 4q > 0$. *Функция* $f(x) \in C(\overline{\Gamma}), f(c) = 0$ *с асимптотическими повелениями (10), (11) при* $x \to c - 0$ *и* $x \to c + 0$ *соответственно. Тогда интегра*льное уравнение (1) *в* классе *функций* $\varphi(x) \in C(\overline{\Gamma})$, *обрушающиеся в нуль в точке* $x = c$, *всегда разрешимо и его общее решение содержит три произвольные постоянные и дается формулой (9), где* $C_j (1 \le j \le 3)$ — *произвольные постоянные.*

Теперь допустим, что $p > 0, q < 0, \ p^2 - 4q > 0$ ($\lambda_1 > 0, \lambda_2 < 0$, $\mu_1 < 0, \mu_2 < 0$). $f(x) \in C(\overline{\Gamma}), f(c) = 0$ *с* асимптотическими повелениями (10), (11) при $\mathrm{x} \to \mathrm{c} - 0$ и $\mathrm{x} \to \mathrm{c} + 0$ соответственно и в этом случае интегральному уравнению (3) соответствует решение

$$\varphi(x) = (x-c)^{-\alpha}\left[exp\left[\lambda_2 \omega_a^{\alpha,+}(x)\right]c_4\right] + K_\alpha^+[f(x)], \text{ когда } x \in\in \Gamma_2,$$

где c_4 — произвольная постоянная, а интегральному уравнению (2) соответствует решение

$$\varphi(x) = (c-x)^{-\alpha}[exp[\mu_1\omega_a^{\alpha,-}(x)]c_5 + exp[\mu_2\omega_a^{\alpha,-}(x)]c_6] + K_\alpha^-[f(x)],$$

когда $x \in\in \Gamma_1$,

где c_5, c_{6-} произвольные постоянные.

В этом случае, когда решение интегрального уравнения (1), существует, тогда она дается формулой

$$\varphi(x) = \begin{cases} (c-x)^{-\alpha}[exp[\mu_2\omega_a^{\alpha,-}(x)]c_5 + exp[\mu_2\omega_a^{\alpha,-}(x)]c_6] + K_\alpha^-[f(x)], \ когда\, x \in \Gamma_1 \\ (x-c)^{-\alpha}\left[exp\left[\lambda_2\omega_a^{\alpha,+}(x)\right]c_7\right] + K_\alpha^+[f(x)]\,, когда\, x \in\in \Gamma_2. \end{cases} \quad (12)$$

Решение вида (12) существует, если$f(x) \in C(\overline{\Gamma}), f(c) = 0$ *с* асимптотическими повелениями (10), (11) при $\mathrm{x} \to \mathrm{c} - 0$ и $\mathrm{x} \to \mathrm{c} + 0$ соответственно.

Таким образом, доказано

Теорема 2. *Пусть в интегральном уравнение* ***(1)*** $p > 0, q < 0,\ p^2 - 4q > 0$ $(\lambda_1 > 0, \lambda_2 < 0\ ,\ \mu_1 < 0, \mu_2 < 0)$. *Функция*$f(x) \in C(\overline{\Gamma}), f(c) = 0$ *с асимптотическими повелениями (10), (11) при* $x \to c - 0$ *и* $x \to c + 0$ *соответственно. Тогда интегральное уравнение (1) в классе функций* $\varphi(x) \in C(\overline{\Gamma})$, *обрушающиеся в нуль в точке* $x = c$, *всегда разрешимо и его общее решение содержит три произвольные постоянные и дается формулой (12), где* $C_j (5 \le j \le 7)$ *–ппроизвольные постоянные.*

Когда $p < 0, q < 0,\ p^2 - 4q > 0$($\lambda_1 > 0, \lambda_2 < 0\ ,\ \mu_1 > 0, \mu_2 > 0$)имеет место следующее утверждение

Теорема 3. *Пусть винтегральном уравнение* ***(1)*** $p < 0, q < 0,\ p^2 - 4q > 0$ $(\lambda_1 > 0, \lambda_2 < 0\ ,\ \mu_1 > 0, \mu_2 > 0)$. *Функция* $f(x) \in C(\overline{\Gamma}), f(c) = 0$ *с асимптотическими поведениями*

$$f(x) = o\left[exp\left[\lambda_2\omega_a^{\alpha,+}(x)\right](x-c)^{\delta_3}\right], \delta_3 > \alpha - 1 \text{при} x \to c + 0,$$

и

$$f(x) = o\left[(c-x)^{\delta_4}\right], \delta_4 > \alpha - 1 \text{при} x \to c - 0.$$

Тогда интегральное уравнение (1) в классе функций $\varphi(x) \in C(\overline{\Gamma})$, *обрушающиеся в нуль в точке* $x = c$,*всегда разрешимо и его общее решение содержит одну произвольную постоянную и дается формулой*

$$\varphi(x) = \begin{cases} K_\alpha^-[f(x)], \ когда\, x \in \Gamma_1 \\ (x-c)^{-\alpha}\left[exp\left[\lambda_2\omega_a^{\alpha,+}(x)\right]c_8\right] + K_\alpha^+[f(x)]\,, когда\, x \in\in \Gamma_2 \end{cases} \quad (13)$$

где c_8 *– произвольная постоянная.*

Когда $\mathrm{p} > 0, \mathrm{q} > 0,\ p^2 - 4q > 0$($\lambda_1 > 0, \lambda_2 > 0\ ,\ \mu_1 > 0, \mu_2 < 0$)имеет место следующее утверждение

Теорема 4. *Пусть в интегральном уравнение* ***(1)*** $p < 0, q < 0,\ p^2 - 4q > 0$ $(\lambda_1 > 0, \lambda_2 < 0\ ,\ \mu_1 > 0, \mu_2 > 0)$.*Функция*$f(x) \in C(\overline{\Gamma}), f(c) = 0$ *с асимптотическими поведениями*

$$f(x) = o\left[exp[\mu_2\omega_a^{\alpha,-}(x)](c-x)^{\delta_5}\right], \delta_5 > \alpha - 1 \text{ при } x \to c - 0.$$

и

$f(x) = o\left[(x-c)^{\delta_6}\right], \delta_6 > \alpha - 1$ при $x \to c + 0$.

Тогда интегральное уравнение (1) в классе функций $\varphi(x) \in C(\overline{\Gamma})$, *обрушающиеся в нуль в точке* $x = c$, *всегда разрешимо и его общее решение содержит одну произвольную постоянную и дается формулой*

$$\varphi(x) = \begin{cases} (c-x)^{-\alpha} exp[\mu_2 \omega_a^{\alpha,-}(x)] c_9 \quad + K_\alpha^-[f(x)], \ когда\ x \in \Gamma_1 \\ K_\alpha^+[f(x)], когда\ x \in\in \Gamma_2 \end{cases}, (14)$$

где c_9 *— произвольная постоянная.*

Теперь допустим, что корни характеристического уравнения (4) являются вещественными равными и отрицательными, то есть $\lambda_1 = \lambda_2 = \frac{p}{2} < 0 (p < 0)$, $p^2 = 4q$. Тогда согласно [11], когда $x \in\in \Gamma_2$, решение интегрального уравнени (1) дается формулой

$$\varphi(x) = (x-c)^{-\alpha}\left[exp\left[\frac{p}{2}\omega_a^{\alpha,+}(x)\right]\left[C_{10} + C_{11}\,\omega_a^{\alpha,+}(x)\right]\right] + T_\alpha^+[f(x)], \quad \text{когда}$$

$x \in\in \Gamma_2$,

где C_{10}, C_{11} — произвольные постоянные,

$T_\alpha^+[f(x)] = (x-c)^{-\alpha} f(x) - q\int_x^c \left\{\mu_2^2 exp\left[\frac{p}{2}\left(\omega_a^{\alpha,+}(x) - \omega_a^{\alpha,+}(t)\right)\right]\left[\omega_a^{\alpha,+}(x) - \omega_a^{\alpha,+}(t)\right]\right\}\frac{f(t)}{(c-c)^\alpha (x-c)^\alpha} dt$

(15)

Решение вида (15) существует, если $f(x) \in C(\overline{\Gamma}), f(c) = 0$ с асимптотическими поведениями

$$f(x) = o\left[\exp\left[\frac{p}{2}\omega_a^{\alpha,+}(x)\right](x-c)^{\delta_5}\right], \delta_5 > \alpha - 1 \text{ при } x \to c + 0 \ (16)$$

В этом случаеμ_1, μ_2 принимают следующий вид $\mu_1 = \frac{-p+\sqrt{p^2-4q}}{2} = \frac{|p|(1+\sqrt{2})}{2} > 0$, $\mu_2 = \frac{-p-\sqrt{p^2-4q}}{2} = \frac{|p|(1-\sqrt{2})}{2} < 0$. Тогда решение уравнение (2) дается формулой

$$\varphi(x) = (c-x)^{-\alpha}\left[exp\left[\frac{|p|(1-\sqrt{2})}{2}\omega_a^{\alpha,-}(x)\right]C_{12}\right] + K_\alpha^-[f(x)], \quad \text{когда} \quad x \in\in \Gamma_1$$

(17

извольная постоянная.

Решение вида (17) существует, если $f(x) \in C(\overline{\Gamma}), f(c) = 0c$ асимптотическими поведениями

$$f(x) = o\left[exp\left[\frac{|p|(1-\sqrt{2})}{2}\omega_a^{\alpha,+}(x)\right](c-x)^{\delta_6}\right], \delta_6 > \alpha - 1 \text{ при } x \to c - 0. \ (18)$$

Итак, доказано

Теорема 5. *Пусть, в интегральном уравнении* ***(1)*** $p < 0, p^2 = 4q (\lambda_1 = \lambda_2 = \frac{p}{2} < 0\ ,\ \mu_1 > 0, \mu_2 < 0)$. *Функция* $f(x) \in C(\overline{\Gamma}) f(c) = 0c$ *асимптотическими повеленими (18), (16) при* $x \to c - 0$ *и* $x \to c + 0$ *соответственно. Тогда интегральное уравнение (1) в классе функций* $\varphi(x) \in C(\overline{\Gamma})$, *обрушающиеся в нуль в точке* $x = c$, *всегда разрешимо и его общее решение содержит три произвольные постоянные и дается формулой*

$$\varphi(x) = \begin{cases} (c-x)^{-\alpha} exp[\mu_2 \omega_a^{\alpha,-}(x)] C_{10} \ + K_\alpha^-[f(x)], \ когда\ x \in \Gamma_1 \\ (x-c)^{-\alpha} exp\left[\frac{p}{2}\omega_a^{\alpha,+}(x)\right]\left[C_{11} + C_{12}\omega_a^{\alpha,+}(x)\right] \ + K_\alpha^+[f(x)], когда\ x \in\in \Gamma_2 \end{cases} \quad (19)$$

при $\mu_1 = \frac{|p|(1+\sqrt{2})}{2} > 0,\ \mu_2 = \frac{|p|(1-\sqrt{2})}{2} < 0,$ *где* C_{10} , C_{11}, C_{12} *—произвольные постоянные.*

Теперь допустим что $\lambda_1 = \lambda_2 = \frac{p}{2} > 0, \quad p^2 = 4q$. Тогда $\mu_1 = \frac{-p+\sqrt{p^2-4q}}{2} = \frac{p(\sqrt{2}-1)}{2} > 0, \mu_2 = \frac{-p-\sqrt{p^2-4q}}{2} = \frac{-p(1+\sqrt{2})}{2} < 0.$

В этом случае решение интегрального уравнения (2) дается формулой

$\varphi(x) = (c-x)^{-\alpha}[exp[\mu_2 \omega_a^{\alpha,-}(x)] C_{13}] + K_\alpha^-[f(x)]$, когда $x \in\in \Gamma_1$, (20)

где C_{13} —произвольная постоянная.

Решение вида (20) существу*ет, если* $f(x) \in C(\overline{\Gamma})$, $f(c-0) = 0$ с асимптотическим поведением

$f(x) = o\left[exp\left[\frac{-p(1+\sqrt{2})}{2}\omega_a^{\alpha,-}(x)\right](c-x)^{\delta_6}\right], \delta_6 > \alpha - 1$ при$x \to c-0$ (21)

При этом если решение интегрального уравнения (3) существует, тогда она дается формулой

$\varphi(x) = T_\alpha^+[f(x)]$, когда $x \in \Gamma_2$ (22)

Решение вида (22) существует, если $\mathrm{f(x)} \in \mathrm{C}(\overline{\Gamma})$, $\mathrm{f(c+0)} = 0$с асимптотическим поведением

$\mathrm{f(x)} = \mathrm{o}\left[(\mathrm{x}-)^{\delta_7}\right], \delta_7 > 2(\alpha-1)$ при $\mathrm{x} \to \mathrm{c}+0$. (23)

Итак , доказано

Теорема 6. *Пусть, в интегральном уравнение* ***(1)*** $p > 0, p^2 = 4q (\lambda_1 = \lambda_2 = \frac{p}{2} > 0\ ,\ \mu_1 > 0, \mu_2 < 0)$. *Функция* $f(x) \in C(\overline{\Gamma})$, $f(c) = 0$*с асимптотическими повелениями (21) при* $x \to c-0$ *и асимптотическими повелениями (23)при* $x \to c+0$.*Тогда интегральное уравнение (1) в классе функций* $\varphi(x) \in C(\overline{\Gamma})$, *обращающиеся в нуль в точке* $x = c$,*всегда разрешимо и его общее решение содержит одну произвольную постоянную и дается формулойе*

$$\varphi(x) = \begin{cases} (c-x)^{-\alpha} exp[\mu_2 \omega_a^{\alpha,-}(x)] C_{13} \ + K_\alpha^-[f(x)], \ когда\ x \in \Gamma_1 \\ K_\alpha^+[f(x)] \ ,когда\ x \in\in \Gamma_2 \end{cases} , \quad (19)$$

гдеc_{13} *—произвольная постоянная.*

Свойства решений и граничные задачи

Пусть выполнено все условии теоремы 1. Будем исходит из интегрального представления (9). Пусть $\mathrm{x} \in \Gamma_1$. Тогда имеем

$[(c-x)^\alpha exp[-\mu_2 \omega_a^{\alpha,-}(x)]\varphi(x)]_{x=c-0} = C_3$ (20)

и

$(x-c)^\alpha \varphi(x) = \left[exp\left[\lambda_1 \omega_a^{\alpha,+}(x)\right]c_1 + exp\left[\lambda_2 \omega_a^{\alpha,+}(x)\right]c_2\right] + K_\alpha^+[f(x)]$ (21)

Дифференцируя обе стороны этого равенства, после умножая на $(x-c)^{\alpha}$, получим

$$-\lambda_1 exp\left[\lambda_1 \omega_a^{\alpha,+\lambda_1}(x)\right]C_1 - \lambda_2 exp\left[\lambda_2 \omega_a^{\alpha,+}(x)\right]C_2 =$$

$$D_a^x[(x-c)^{\alpha}\varphi(x) - K_a^+[f(x)]] \quad (22)$$

Из системы (21), (22) находим

$$C_1 = \frac{1}{\lambda_2-\lambda_1}\left[exp\left[-\lambda_1 \omega_a^{\alpha,+}(x)\right][\lambda_2(x-c)^{\alpha}\varphi(x) - D_a^x[(x-c)^{\alpha}\varphi(x)]\right]_{x=c+0} \quad (23)$$

$$C_2 = \frac{1}{\lambda_2-\lambda_1}\left[exp\left[-\lambda_2 \omega_a^{\alpha,+}(x)\right][\lambda_1(x-c)^{\alpha}\varphi(x) + D_a^x[(x-c)^{\alpha}\varphi(x)]\right]_{x=c+0} .(24)$$

Интегральное представление (9), его свойства (20), (23), (24) дают возможности для интегрального уравнения (1) ставит, и исследовать следующую задачу типа Коши

Задача R_1. Требуется найти решение интегрального уравнения (1) при $p<0, q>0,$ $p^2-4q>0$ по граничным условиям

$$[(c-x)^{\alpha} exp[-\mu_2 \omega_a^{\alpha,-}(x)]\varphi(x)]_{x=c-0} = \boldsymbol{E_1},$$

$$\left[exp\left[-\lambda_1 \omega_a^{\alpha,+}(x)\right][\lambda_2(x-c)^{\alpha}\varphi(x) - D_a^x[(x-c)^{\alpha}\varphi(x)]\right]_{x=c+0} = \boldsymbol{E_2},$$

$$\left[exp\left[-\lambda_2 \omega_a^{\alpha,+}(x)\right][\lambda_1(x-c)^{\alpha}\varphi(x) + D_a^x[(x-c)^{\alpha}\varphi(x)]\right]_{x=c+0} = \boldsymbol{E_3},$$

где $E_j (1 \le j \le 3)$ – заданные постоянные .

Решение задачи R_1. Пусть выполнено все условия теоремы 1. Используя интегральное представление (9), его свойства (20), (23), (24) и условию задачи R_1, находим $C_3 = E_1$, $C_1 = \frac{1}{\lambda_2-\lambda_1}E_2$, $C_2 = \frac{1}{\lambda_2-\lambda_1}E_3$. Подставляя найденные значении $C_j (1 \le j \le 3)$ в формулу (9), находим решение задачи R_1.

$$\varphi(x) = \begin{cases} (c-x)^{-\alpha}[exp[\mu_2 \omega_a^{\alpha,-}(x)]E_1] + (c-x)^{-\alpha}K_a^-[f(x)], \ \textit{когда } x \in \Gamma_1 \\ (x-c)^{-\alpha}\left[exp\left[\lambda_1 \omega_a^{\alpha,+}(x)\right]\frac{1}{\lambda_2-\lambda_1}E_2 + exp\left[\lambda_2 \omega_a^{\alpha,+}(x)\right]\frac{1}{\lambda_2-\lambda_1}E_3\right] + (x-c)^{-\alpha}K_a^+[f(x)], \\ \textit{когда } x \in\in \Gamma_2 \end{cases} \quad (25)$$

Итак, доказано

Теорема 7. *Пусть в интегральном уравнении (1) параметры p, q и функция $f(x)$ удовлетворяют все условия теоремы 1. Тогда задача R_1. Имеет единственное решение, которое дается формулой (25).*

Теперь находим свойства интегрального представления (12). Пусть$x \in \Gamma_1$. Тогда из (12) имеем

$$(c-x)^{\alpha}\varphi(x) = [exp[\mu_1 \omega_a^{\alpha,-}(x)]c_5 + exp[\mu_2 \omega_a^{\alpha,-}(x)]c_6] + (c-x)^{\alpha}K_a^-[f(x)] \quad (26)$$

Отсюда

$$D_a^-(c-x)^{\alpha}\varphi(x) = \mu_1[exp[\mu_1 \omega_a^{\alpha,-}(x)]c_5 + \mu_2 exp[\mu_2 \omega_a^{\alpha,-}(x)]c_6] + D_a^-[(c-x)^{\alpha}K_a^-[f(x)]] \quad (27)$$

Где $D_a^- = (c-x)^{\alpha}\frac{d}{dx}$.

Из (26) и (27) находим

$$C_5 = \frac{1}{\mu_2-\mu_1}\left[exp[-\mu_1\omega_a^{\alpha,-}(x)][\mu_2(c-x)^{\alpha}\varphi(x) - D_{\alpha}^{-}[(c-x)^{\alpha}\varphi(x)]\right]_{x=c-0}, \quad (28)$$

$$C_6 = \frac{1}{\mu_2-\mu_1}\left[exp[-\mu_2\omega_a^{\alpha,-}(x)][(c-x)^{\alpha}\varphi(x) + \mu_1 D_{\alpha}^{-}[(c-x)^{\alpha}\varphi(x)]\right]_{x=c-0}, \quad (29)$$

Когда $x \in \Gamma_2$, тогда снова из интегрального представления (12) имеем

$$(x-c)^{\alpha}\varphi(x) = \left[exp\left[\lambda_2\omega_a^{\alpha,+}(x)\right]c_7\right] + (x-c)^{\alpha}K_{\alpha}^{+}[f(x)], \text{когда } x \in\in \Gamma_2$$

Пусть выполнены все условии теоремы 2. Тогда имеем

$$\left[(x-c)^{\alpha}exp\left[-\lambda_2\omega_a^{\alpha,+}(x)\right]\varphi(x)\right]_{x=c+0} = C_7 . \quad (30)$$

Интегральное представление (12) и их свойства (28), (29), (30) дают возможности для интегрального уравнения (1) при $p > 0, q<0, p^2 - 4q>0$ ставит и исследовать следующую граничную задачу

Задача R_2. Требуется найти решение интегрального уравнения (1) при $p > 0, q<0, p^2 - 4q>0$ по граничным условиям

$$\left[exp[-\mu_1\omega_a^{\alpha,-}(x)][\mu_2(c-x)^{\alpha}\varphi(x) - D_{\alpha}^{-}[(c-x)^{\alpha}\varphi(x)]\right]_{x=c-0} = \boldsymbol{E_4},$$

$$\left[exp[-\mu_2\omega_a^{\alpha,-}(x)][(c-x)^{\alpha}\varphi(x) + \mu_1 D_{\alpha}^{-}[(c-x)^{\alpha}\varphi(x)]\right]_{x=c-0} = \boldsymbol{E_5},$$

$$\left[(x-c)^{\alpha}exp\left[-\lambda_2\omega_a^{\alpha,+}(x)\right]\varphi(x)\right]_{x=c+0} = \boldsymbol{E_6},$$

где $E_j (4 \le j \le 6)$ – заданные постоянные**.**

Решение задачи R_2. Пусть выполнено все условия теоремы 2. Используя интегральное представление (12), его свойства (28), (29), (30) и условию задачи R_2, находим $C_7 = E_6$, $C_5 = \frac{1}{\mu_2-\mu_1}E_4$, $C_6 = \frac{1}{\mu_2-\mu\mu\mu_1}E_5$. Подставляя найденные значении$C_j (5 \le j \le 7)$ в формулу (12) находим решение задачи R_2.

$$\varphi(x) = \begin{cases} (c-x)^{-\alpha}\left[exp[\mu_1\omega_a^{\alpha,-}(x)]\frac{1}{\mu_2-\mu_1}E_4 + exp[\mu_2\omega_a^{\alpha,-}(x)]\frac{1}{\mu_2-\mu_1}E_5\right] + \\ (c-x)^{-\alpha}K_{\alpha}^{-}[f(x)], \\ \text{когда } x \in \Gamma_1 \\ (x-c)^{-\alpha}\left[exp\left[\lambda_2\omega_a^{\alpha,+}(x)\right]E_6\right] + (x-c)^{-\alpha}K_{\alpha}^{+}[f(x)], \\ \text{когда } x \in\in \Gamma_2 \end{cases} \quad (31)$$

Итак, доказано

Теорема 8. *Пусть в интегральном уравнении (1) параметры p, q и функция $f(x)$ удовлетворяют всем условиям теоремы 2. Тогда задача R_2. Имеет единственное решение, которое дается формулой (31).*

Находим свойства интегрального представления (13). Пусть выполнено все условия теоремы 3. Тогда из интегрального представления (13) имеем

$$(x-c)^{\alpha}\varphi(x) = \left[exp\left[\lambda_2\omega_a^{\alpha,+}(x)\right]c_8\right] + (x-c)^{\alpha}K_{\alpha}^{+}[f(x)], \text{когда } x \in\in \Gamma_2$$

Отсюда имеем

$$\left[\exp\left[-\lambda_2\omega_a^{\alpha,+}(x)\right](x-c)^{\alpha}\varphi(x)\right]_{x=c+0} = c_8 \quad (31)$$

Интегральное представление (13) и его свойства (31) дают возможности для интегрального уравнения (1) ставить и исследовать следующую задачу типа Коши

Задача R_3.Требуется найти решение интегрального уравнения (1) при $p < 0, q<0,$ $p^2 - 4q>0 (\lambda_1 > 0, \lambda_2 < 0, \mu_1 > 0, \mu_2 > 0)$ по граничным условиям

$$\left[exp\left[-\lambda_2 \omega_a^{\alpha,+}(x)\right](x-c)^{\alpha}\varphi(x)\right]_{x=c+0}=E_8,$$

где E_8 –заданная постоянная.

Решение задачи R_3. Пусть выполнено все условия теоремы 3. Используя интегральное представление (13), его свойства (31) и условию задачи R_3, находим $C_8 = E_8$. Подставляя найденные значении C_8 в формулу (13) находим решение задачи R_3.

$$\varphi(x) = \begin{cases} K_\alpha^-[f(x)], \ когда\, x \in \Gamma_1 \\ (x-c)^{-\alpha}\left[exp\left[\lambda_2 \omega_a^{\alpha,+}(x)\right]E_8\right] + K_\alpha^+[f(x)], когда\, x \in\in \Gamma_2 \end{cases} \quad (32)$$

Таким образом, доказано

Теорема9. *Пусть в интегральном уравнение (1) параметры p, q и функция $f(x)$ удовлетворяют всем условиям теоремы 3. Тогда задача R_3. Имеет единственное решение, которое дается формулой (32).*

Пусть выполнена все условии теоремы 4. Тогда из интегрального представления (14) находим

$$(c-x)^{\alpha}\varphi(x) = exp[\mu_2 \omega_a^{\alpha,-}(x)]c_9 + K_\alpha^-[f(x)], \ когда\, x \in \Gamma_1$$

Отсюда находим

$$[exp[-\mu_2 \omega_a^{\alpha,-}(x)](c-x)^{\alpha}\varphi(x)]_{x=c-0}=C_9 \quad (33)$$

*Инте*гральное представление (14) и его свойства (33) дают возможности для интегрального уравнения (1)при $p > 0, q>0,$ $p^2 - 4q>0 (\lambda_1 > 0, \lambda_2 > 0, \mu_1 > 0, \mu_2 < 0)$ ставить и исследовать следующую задачу типа Коши

Задача R_4.Требуется найти решение интегрального уравнения (1) при $p > 0, q>0,$ $p^2 - 4q>0$ по граничным условиям

$$[exp[-\mu\mu_2 \omega_a^{\alpha,-}(x)](c-x)^{\alpha}\varphi(x)]_{x=c-0}=E_9,$$

где E_9 –заданная постоянная.

Решение задачи R_4. Пусть выполнено все условии теоремы 4. Используя интегральное представление (14), его свойства (33) и условию задачи R_4, находим $C_9 = E_9$. Подставляя найденные значении C_9 в формулу (14) находим решение задачи R_4.

$$\varphi(x) = \begin{cases} (c-x)^{-\alpha} exp[\mu_2 \omega_a^{\alpha,-}(x)]E_9 + K_\alpha^-[f(x)], \ когда\, x \in \Gamma_1 \\ K_\alpha^+[f(x)], когда\, x \in\in \Gamma_2 \end{cases} \quad (34)$$

Итак доказано

Теорема 10. *Пусть в интегральном уравнение (1) параметры* p, q *и функция* $f(x)$ *удовлетворяют всем условиям теоремы 4. Тогда задача* R_4 *имеет единственное решение, которое дается формулой (34).*

Пусть, выполнена все условии теоремы 5.Тогда из интегрального представления (19) находим

$$\varphi(x)(c-x)^{\alpha} = exp[\mu_2 \omega_a^{\alpha,-}(x)]c_{10} \quad + (c-x)^{-\alpha} K_{\alpha}^{-}[f(x)], \quad когда\, x \in \Gamma_1 \ (35)$$

и

$$\varphi(x)(x-c)^{\alpha} = exp\left[\frac{p}{2}\omega_a^{\alpha,+}(x)\right]\left[C_{11} + C_{12}\omega_a^{\alpha,+}(x)\right] \quad + (x-c)^{\alpha} K_{\alpha}^{+}[f(x)],$$

$когда\, x \in\in \Gamma_2$ *(36)*

Из равенства (35) находим

$$[exp[-\mu_2 \omega_a^{\alpha,-}(x)]\varphi(x)(c-x)^{\alpha}]_{x=c-0} = C_{10} \ (37)$$

Из равенство (36) находим

$$D_{\alpha}^{x}[\varphi(x)(x-c)^{\alpha}] = -exp\left[\frac{p}{2}\omega_a^{\alpha,+}(x)\right]\left[\frac{p}{2}C_{11} + \left(1 + \frac{p}{2}\omega_a^{\alpha,+}(x)\right)C_{12}\right] +$$

$$D_{\alpha}^{x}\left[(x-c)^{\alpha} K_{\alpha}^{+}[f(x)]\right] \quad , (38)$$

где $D_{\alpha}^{x} = (x-c)^{\alpha}\frac{d}{dx}$.

Из равенств (36) и (38) находим

$$C_{11} = \left[-exp\left[-\frac{p}{2}\omega_a^{\alpha,+}(x)\right]\left[\left(1 + \frac{p}{2}\omega_a^{\alpha,+}(x)\right)\varphi(x)(x-c)^{\alpha} - \omega_a^{\alpha,+}(x) D_{\alpha}^{x}[\varphi(x)(x-c)^{\alpha}]\right]\right]_{x=c+0} \quad (39)$$

$$C_{12} = \left[exp\left[-\frac{p}{2}\omega_a^{\alpha,+}(x)\right]\left[\frac{p}{2}\varphi(x)(x-c)^{\alpha} + D_{\alpha}^{x}[\varphi(x)(x-c)^{\alpha}]\right]\right]_{x=c+0} .(40)$$

*Инте*гральное представление (19) и его свойства (37), (39) и (40) дают возможности для интегрального уравнения (1)при $p < 0, q>0,$ $p^2 = 4q>0 (\lambda_1 = \lambda_2 = \frac{p}{2} < 0\,,\ \mu_1 > 0, \mu_2 < 0)$ ставить и исследовать следующую задачу типа Коши

Задача R_5.Требуется найти решение интегрального уравнения (1) при $p < 0, q>0,$ $p^2 - 4q=0$ по граничным условиям

$$[exp[-\mu_2 \omega_a^{\alpha,-}(x)]\varphi(x)(c-x)^{\alpha}]_{x=c-0} = E_{10}$$

$$\left[-exp\left[-\frac{p}{2}\omega_a^{\alpha,+}(x)\right]\left[\left(1 + \frac{p}{2}\omega_a^{\alpha,+}(x)\right)\varphi(x)(x-c)^{\alpha} - \omega_a^{\alpha,+}(x) D_{\alpha}^{x}[\varphi(x)(x-c)^{\alpha}]\right]\right]_{x=c+0} = E_{11}$$

$$\left[exp\left[-\frac{p}{2}\omega_a^{\alpha,+}(x)\right]\left[\frac{p}{2}\varphi(x)(x-c)^{\alpha} + D_{\alpha}^{x}[\varphi(x)(x-c)^{\alpha}]\right]\right]_{x=c+0} = E_{12},$$

где $E_{1j}(0 \le j \le 2)$ –известные постоянные.

Решение задачи R_5. Пусть выполнено все условия теоремы 5. Используя интегральное представление (19), его свойства (37), (38), (39) и условию задачи R_4, находим $C_{10} = E_{10}$, $C_{11} = E_{11}$,$C_{12} = E_{12}$. Подставляя найденные значении C_{10}, C_{11}, C_{12}в формулу (19) находим решение задачи R_5.

$$\varphi(x) = \begin{cases} (c-x)^{-\alpha} exp[\mu_2 \omega_a^{\alpha,-}(x)]E_{10} \quad + K_\alpha^-[f(x)], \ когда\ x \in \Gamma_1 \\ (x-c)^{-\alpha} exp\left[\frac{p}{2}\omega_a^{\alpha,+}(x)\right]\left[E_{11} + E_{12}\omega_a^{\alpha,+}(x)\right] \quad + K_\alpha^+[f(x)], когда\ x \in\in \Gamma_2 \end{cases} \quad (41)$$

Таким образом, доказано следующее утверждение

Теорема 11. *Пусть в интегральном уравнение (1) параметры p, q и функция $f(x)$ удовлетворяютвсем условиям теоремы 5. Тогда задач а R_5имеет единственное решение, которое дается формулой (41).*

ЛИТЕРАТУРА

1. RajabovN.Volterra type Integral Equation with Boundar Interior Fixed Singularity and Super-singularity Kernels and Their Application. LAP LAMBERT Academic Publishing, Germany, 2011, 282p.
2. Rajabov N. About New Class of Volterra type Integral Equation with Boundary Singularity in Kernels, Advances in Applied Mathematics and Approximation Theory, Springer Proceedings in Mathematics and Statics 41,2013, USA, 41-60 p.
3. Rajabov N. Ney Method for Investigating a New Class Mathematical Science and its Applications, Abu Dhabi University 2014, pp. 68-72.
4. Rajabov N. To theory one class of Volterra type Integral Eguation with fixed boundary singularity in Kernel, Doklady Academy of Sciences, 2014, v. 459, №1, pp. 1-5.
5. Rajabov N. Integral Representation of the Manifold Solution for New Class of the Volterra type Integral Equation with a Boundary Singularity and its Power, Journal of Mathematics and System Science 6(2016)23-37.
6. 6.Раджабов Н. Об одном классе модельного сингулярноно интегрального уравнения, обобщающего одномерное интегральное Вольтерра с левой граничной сингулярной точкой в ядре//Вестник Таджикского национального университета, Серия естественных наук 1/1(77),2012, с. 21-32.
7. Rajabov N .Ney Method for Volterra type Integral Equation with Boundary Singular Point//New Trends in Analysis and Interdisciplinary Applications. Select Contributions of the 10thISAAC Congress, Macau 2015, Birkhauser, pp. 121-127.
8. Раджабов Н. К теории одного класса сингулярного интегрального уравнения Вольтерра третьего рода с правой логарифмической особенностью в ядре// Современные проблемы и приложения алгебры,теории чисел и математического анализа, Душанбе 2019, с. 203-205.
9. Раджабов Н. Сингулярные интегральные уравнения Вольтерра третьего рода с внутренней логарифмической особенностью в ядре// Материалы международной научной конференции " Сингулярные интегральные уравнения и дифференциальные уравнения с сингулярными коэффициентами ", Душанбе 30-31 января 2020г. с. 217-243.
10. Rajabov N. Volterra Type Integral Equation with Super-singular Kernels // Functional Analysis in Interdisciplinary Application, Astana, Kazakhstan, October 2017, Springer, Springer Proceedings in Mathematics and Statics, volume 216, p.333-340.
11. Раджабов Н. Об одном классе модельного сверх-сингулярного интегрального уравнения, обобщающий одномерное интегральное уравнение Вольтерра с левой граничной сверх-сингулярной точкой в ядре//Proceedings international scientific conference " Problems of differential equations, analysis and algebra", Actobe 2015, pp. 202-205.
12. Раджабов Н. Сингулярные интегральные уравнения Вольтерра третьего рода с логарифмической особенностью в ядре//Материалы Международной научной конференции " Современные проблемы естественных и гуманитарных наук и их роль в укреплении научных связей между странами ", посвященной 10-летию Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе(10-11 октября 2019г.)с. 57-59.
13. Rajabov N. Correct statement Boundary Value Problems for New Class Singular Integral Equation by Tube Domain//Материалы международной научно-теоретической сонференции " Современные задачи математики и их приложения " посвященной 70-летию образования Таджикского национального университета и 80-летию академика АН Республики Таджикистан, д.ф.-м.н., профессора Раджабова Нусрата(Душанбе, 25-26сентября 2018г.), с.163-175.
14. Раджабов Н., Раджабова Л.Н., Саидов С.А. Интегральные представления и граничные задачи для одного класса интегральных уравнений типа Вольтерра с двумя граничными сингулярными точками//Материалы международной научно-теоретической сонференции " Современные задачи математики и их приложения " посвященной 70-летию образования Таджикского национального университета и 80-летию академика АН Республики Таджикистан, д.ф.-м.н., профессора Раджабова Нусрата(Душанбе, 25-26сентября 2018г.), с.175-181.
15. Rajabov N., Saidov S . About new class of Volterra Type Integral Equation wiyh two boundary singularity in Kernels//Resent Advances in Mathematics and economics. Proceedings of the 2014 International Conference on Pure Mathematics and Applied Mathematics(pm-Am14), Venice, Italy, march15-17, 2014, pp.214-217.

16. Раджабов Н., Раджабова Л.Н., Зарипов С.Б. К теории одного класса двумерного симметричного интегрального уравнения Вольтерра с сингулярными ядрами //Материалы международной научно-теоретической конференции “ Современные задачи математики и их приложения ” посвященной 70-летию образования Таджикского национального университета и 80-летию академика АН Республики Таджикистан, д.ф.-м.н., профессора Раджабова Нусрата(Душанбе, 25-26сентября 2018г.), с.182-184.
17. Раджабов Н., Раджабова Л. Введение в теорию многомерных интегральных уравнений типа Вольтерра с фиксированными сингулярными и сверх-сингулярными ядрами и их приложения.LAP LAMBERT Academic Publishing,Leipzig, Germany, 2012, 502p.
18. Раджабов Н. К теории одного класса интегральных уравнений с сингулярными ядрами //Материалы Международной научной конференции “ Дифференциальные уравнения и смежные проблемы ” Стерлитамак 25-29 июня 2018г. с.110-112.
19. Раджабов Н., Раджабова Л., Саидов С. Граничные задачи для одного класса интегральных уравнений типа Вольтерра с двумя граничными фиксированными сингулярными точками // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук.№1/2(196), 2016, с.32-38.
20. Rajabov N. To Theory One Class Linear Model Neoclassical Volterra Type Integral Equation with Left Boundary Singularity Point//Applied Mathematics, USA, №4,p. 1301-1312.

REFERENCES LITERATURE

1. Rajabov N. Volterra type Integral Equation with Boundar Interior Fixed Singularity and Super-singularity Kernels and Their Application. LAP LAMBERT Academic Publishing, Germany, 2011, 282p.
2. Rajabov N. About New Class of Volterra type Integral Equation with Boundary Singularity in Kernels, Advances in Applied Mathematics and Approximation Theory, Springer Proceedings in Mathematics and Statics 41,2013, USA, 41-60 p.
3. Rajabov N. Ney Method for Investigating a New Class Mathematical Science and its Applications, Abu Dhabi University 2014, pp. 68-72.
4. Rajabov N. To theory one class of Volterra type Integral Eguation with fixed boundary singularity in Kernel, Doklady Academy of Sciences, 2014, v. 459, no. 1, pp. 1-5.
5. Rajabov N. Integral Representation of the Manifold Solution for New Class of the Volterra type Integral Equation with a Boundary Singularity and its Power, Journal of Mathematics and System Science 6 (2016) 23-37.
6. Rajabov N. On one class of a model singular integral equation generalizing the one-dimensional Volterra integral with a left boundary singular point in the kernel // Bulletin of the Tajik National University, Series of Natural Sciences 1/1 (77), 2012, p. 21-32.
7. Rajabov N. Ney Method for Volterra type Integral Equation with Boundary Singular Point // New Trends in Analysis and Interdisciplinary Applications. Select Contributions of the 10thISAAC Congress, Macau 2015, Birkhauser, pp. 121-127.
8. Rajabov N. To the theory of one class of a singular Volterra integral equation of the third kind with a right logarithmic singularity in the kernel // Modern problems and applications of algebra, number theory and mathematical analysis, Dushanbe 2019, p. 203-205.
9. Radjabov N. Singular integral Volterra equations of the third kind with an internal logarithmic singularity in the kernel // Materials of the international scientific conference “Singular integral equations and differential equations with singular coefficients”, Dushanbe January 30-31, 2020. from. 217-243.
10. Rajabov N. Volterra Type Integral Equation with Super-singular Kernels // Functional Analysis in Interdisciplinary Application, Astana, Kazakhstan, October 2017, Springer, Springer Proceedings in Mathematics and Statics, volume 216, p.333-340.
11. Radjabov N. On a class of a model super-singular integral equation generalizing the one-dimensional Volterra integral equation with a left boundary super-singular point in the kernel // Proceedings international scientific conference “Problems of differential equations, analysis and algebra”, Actobe 2015, pp ... 202-205.
12. Rajabov N. Singular integral Volterra equations of the third kind with a logarithmic singularity in the kernel // Proceedings of the International Scientific Conference “Contemporary Problems of Natural and Human Sciences and Their Role in Strengthening Scientific Relations between Countries” dedicated to the 10th anniversary of the Branch of the Moscow State University named after M.V. ... Lomonosov in Dushanbe (October 10-11, 2019) with. 57-59.
13. Rajabov N. Correct statement Boundary Value Problems for New Class Singular Integral Equation by Tube Domain // Materials of the international scientific and theoretical conference "Modern problems of mathematics and their applications" dedicated to the 70th anniversary of the Tajik National University and the 80th anniversary of the academician of the Academy of Sciences of the Republic Tajikistan, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor Radjabov Nusrat (Dushanbe, September 25-26, 2018), pp. 163-175.
14. Rajabov N., Rajabova L.N., Saidov S.A. Integral representations and boundary value problems for one class of integral equations of the Volterra type with two boundary singular points // Materials of the international scientific-theoretical conference "Modern problems of mathematics and their applications" dedicated to the 70th anniversary of the formation of the Tajik National University and the 80th anniversary of the academician of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor Radjabov Nusrat (Dushanbe, September 25-26, 2018), pp. 175-181.
15. Rajabov N., Saidov S. About new class of Volterra Type Integral Equation wiyh two boundary singularity in Kernels // Resent Advances in Mathematics and economics. Proceedings of the 2014 International Conference on Pure Mathematics and Applied Mathematics (pm-Am14), Venice, Italy, march15-17, 2014, pp. 214-217.
16. Rajabov N., Radjabova L.N., Zaripov S.B. To the theory of one class of the two-dimensional symmetric Volterra integral equation with singular kernels // Materials of the international scientific and theoretical conference “Modern problems of mathematics and their applications” dedicated to the 70th anniversary of the formation of the Tajik National University and the 80th anniversary of the academician of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, Ph.D. MD, professor Radjabov Nusrat (Dushanbe, September 25-26, 2018), pp. 182-184.

17. Rajabov N., Radjabova L. Introduction to the theory of multidimensional integral equations of Volterra type with fixed singular and super-singular kernels and their applications. LAP LAMBERT Academic Publishing, Leipzig, Germany, 2012, 502p.
18. Rajabov N. To the theory of one class of integral equations with singular kernels // Materials of the International Scientific Conference "Differential Equations and Related Problems" Sterlitamak June 25-29, 2018. p. 110-112.
19. Rajabov N., Radjabova L., Saidov S. Boundary value problems for one class of integral equations of Volterra type with two boundary fixed singular points // Bulletin of the Tajik National University. Series of natural sciences. №1 / 2 (196), 2016, pp. 32-38.
20. Rajabov N. To Theory One Class Linear Model Neoclassical Volterra Type Integral Equation with Left Boundary Singularity Point // Applied Mathematics, USA, No. 4, p. 1301-1312.

МУОДИЛАИ СУПЕР-СИНГУЛЯРИИ ЧИНСИ СЕ БО ЯДРОИ СУПЕР-СИНГУЛЯРӢ

Дар мақола муодилаи супер-сингулярии интегралии чинси се бо ядрои супер-сингулярӣ дар ҳолате, ки нуқтаи махсуси дохилӣ мебошад, вобаста аз аломати параметрҳои дар муодила ҷойгиршуда ва решаҳои муодилаи характеристикӣ, тасвирҳои бисершаклаи ҳалҳо ба воситаи доимиҳои ихтиёрӣ ёфта шудааст. Дар ҳар ҳолат, кадом вақте решаҳои муодилаи характеристики ҳақиқӣ, гуногун, ҳақиқии баробар, комплексӣ ва ҳамроҳшуда, ҳолатҳое ёфта шудаанд, ки дар вақти иҷро шудани онҳо, муодилаи интегралии тадқиқшавандаи намуди Волтер ҳалли ягона дорад, яъне ҳолатҳое ёфта шудаанд, ки дар вақти иҷро шудани онҳо натиҷаҳои ҳосилшуда бо натиҷаҳои классикии муодилаҳои интегралии Волтер ҳамчоя мешаванд. Дар ҳолате, ки решаҳои муодилаи ҳарактеристики ҳақиқӣ ва гуногунанд, ҳолатҳое ҷудо карда шудаанд, ки дар вақти иҷро шудани онҳо ҳалли муодилаи тадқиқшаванда дуто доимии ихтиёриро дар бар мегирад: ҳолате, ки ҳалли умумии якто доимии ихтиёриро дар бар мегирад ва ҳолате, ки муодилаи тадқиқшаванда ҳалли ягона дорад. Дар ҳолате, ки решаҳои муодилаи характеристики хақиқӣ ва баробаранд ду ҳолат ҷудо карда шудааст: ҳолате, ки ҳалли умумии муодилаи интегралӣ дуто доимии ихтиёриро дар бар мегирад ва ҳолате, ки ҳалли муодилаи интегралӣ ҳалли ягона дорад. Дар ҳолате, ки решаҳои муодилаи характеристики комплексӣ ва байни худ ҳамроҳ шудаанд, инчунин, ду ҳолат ҷудо карда шудааст: ҳолате, ки тасвири умумии ҳал дуто доимиҳои ихтиёриро дар бар мегиранд ва ҳолате ки муодилаи интегралӣ ҳалли ягона дорад. Дар ҳамаи ҳолатҳое, ки ҳалли умуми муодилаи интегралӣ доимиҳои ихтиёриро дар бар мегиранд, формулаҳои баръакс ёфта шудаанд, яъне қимати доимиҳои ихтиёрӣ ба воситаи қимати функсияи номаълум, ки ба ягон вазн зарб гардидааст, дар нуқтаи махсус ёфта шудааст.

Хосиятҳои ҳалҳои ёфташуда омӯхта шудааст. Масъалаҳои гуногуни корректӣ гузошта шуда, ҳалли онҳо ба намуди ошкор ёфта шудааст.

Калидвожаҳо: муодилаи интегралии чинси се, ядроҳои супер-сингуляри, тасвирҳои интегралӣ, масъалаҳои канорӣ, бисёршаклаи ҳалҳо, муодилаи характеристикӣ.

СВЕРХ-СИНГУЛЯРНЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ ВОЛЬТЕРРА ТРЕТЬЕГО РОДА СО СВЕРХ-СИНГУЛЯРНЫМ ЯДРОМ

В работе для одного класса интегрального уравнения Вольтерра третьего рода со сверх-сингулярным ядром, когда особая точка является внутренней, в зависимости от знака параметров присутствующие в интегральном уравнение и корней соответствующих характеристических уравнений, получено представление многообразия решений через произвольных постоянных. В каждом из случаев, когда корни характеристического уравнения являются вещественными разными, комплексно-сопряженными, выделено случаи, когда рассматриваемое интегральное уравнение имеет единственное решение, то есть случаи, когда теория этих интегральных уравнений совпадает с классической теории интегральных уравнений Вольтерра. В случае, когда корни характеристического уравнения вещественные и разные выделено случаи, когда общее решение содержит две произвольные постоянные, случай, когда общее решение содержит одну произвольную постоянную и случай, когда рассматриваемое интегральное уравнение имеет единственное решение. В случае, когда корни характеристического уравнения вещественные и равные выделено два случая: случай, когда общее решение содержит две произвольные постоянные и случай, когда интегральное уравнение (1) имеет единственное решение. Случай, когда корни характеристического уравнения комплексно-сопряженное, также выделено два случая: случай, когда общее решение содержит две произвольные постоянные и случай, когда рассматриваемое интегральное уравнение имеет единственное решение. Во всех случаях, когда общее решение содержат произвольные постоянные, найдено формулы обращения, то есть эти постоянные найдено через значении искомой функции умноженное на весовых функциях в особой точке. Изучено свойства полученных решений. Выяснено возможности корректной постановки различных граничных задач и нахождение их решения.

Ключевые слова: интегральные уравнения третьего рода, сверх-сингулярные ядра, интегральные представления, граничные задачи, многообразия решений, характеристическое уравнение.

THIRD ORDER SUPER-SUNGULAR INTEGRAL EQUATION WITH A SUPER-SINGULAR KERNEL

In this work for third order super-singular integral equation with super-singularity in kernels, when singular point is interior, in depend from parameters present in integral equation and the roots of the characteristic equations, representation of the manifold solution by arbitrary constants is obtained. In evry case, when the roots of characteristic equation different, real and equal, complex –conjugate, select cases, when considered integral equation have unique solution, that is in this case, theory this integral equation coincide with theory classical Volterra type integral equation. In the case, when the roots of characteristic equation real and different, select case , when general solution considered integral equation contain two arbitrary constants, the case, when general solution contain one arbitrary constant and the case, when considered integral equation have unique solution . In the case, when, the roots of the characteristic equation real and equal, select case, when general solution considered integral equation contain two arbitrary constants and the case, when considered integral equation have unique solution. In the case, when the roots of characteristic equation complex – conjugate also select case, when general solution integral equation contain two aarbitrary constants and case, when considered integral equation have unique solution.

In the any cases, when general solution contain arbitrary constants, found inverse formula, that is constants found by valued unknown function multiply to weight function in singular point. In basis obtained integral representation by arbitrary constants and inverse formula, stand and investigate different boundary value problems, when condition give in singular points.

Keywords: Third kind integral equation, super-singular kernels, integral representation, boundary value problems, manifold solution, characteristic equations.

Маълумот дар бораи муаллиф: ***Раҷабов Нусрат*** – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, доктори илмҳои физикаю математика, профессори кафедраи таҳлили математикӣ ва назарияи функсияҳо, академики Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. Тел: **(+992)** 907 75 51 25. **Адрес:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. E-mail: nusrat38@mail.ru

Сведение об авторе: ***Раджабов Нусрат*** – Таджикский национальный университет, доктор физико-математических наук, профессор кафедры математического анализа и теории функций, академик национальной академии наук Таджикистана. **Тел: (+992)** 907 75 51 25. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г.Душанбе, пр. Рудаки, 17. E-mail: nusrat38@mail.ru

Information about the authors: ***Rajabov Nusrat*** **–** Tajik National University, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Mathematical Analysis and Theory of Functions, Academician of the National Academy of Sciences of Tajikistan**Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. Tel: **(+992)** 907 75 51 25. E-mail: nusrat38@mail.ru

УДК: 519.19

МОДЕЛИ КОНСЕПТУАЛӢ ВА МАТЕМАТИКИИ МАСЪАЛАИ ПАҲНШАВИИ ВАЗНИ ЗИЁДИ БАДАН ВА БЕМОРИИ ФАРБЕҲӢ

Юнусӣ М.Қ., Хайров Ҳ.С., Давлатов Д.М.
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон,
Донишгоҳи давлатии тиббии Тоҷикистон ба номи Абӯалӣ ибни Сино,
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Тайи солҳои охир масъалаи афзудани бемории фарбеҳӣ дар байни аҳолии кишвар мутахассисони соҳаи тибро ба ташвиш овардааст. Омӯзиш, пешгирӣ ва табобати бемории фарбеҳӣ дар доираи ҳуҷҷатҳои давлатӣ – “Стратегия оид ба ғизо ва фаъолияти ҷисмонӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2015-2024” (қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 31 декабри соли 2014, №808) ва “Барномаи пешгирии фарбеҳӣ ва ташаккули ғизои солим дар Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2019-2024” (қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 2 октябри соли 2019, №463) ҳамчун масъалаи афзалиятноки байниидоравӣ муайян гардид [1].

Бинобар ин, ҷиҳати иҷрои ҳуҷҷатҳои зикргардида лоиҳаи илмӣ-тадқиқотии “Омӯзиши бемории фарбеҳӣ дар байни аҳолии Ҷумҳурии Тоҷикистон барои коркарди чорабиниҳои пешгирии он” таҳия, тасдиқ ва амалӣ шуда истодааст. Маводҳои аввалияи тадқиқот нишон медиҳанд, ки 17% аҳолии ҷумҳурӣ вазни зиёди бадан дошта, 11,3% (занҳо 10,3%, мардҳо 12,5%) – и он ба бемории фарбеҳӣ гирифтор аст.

Ғайр аз ин, инкишофи фарбеҳӣ дар байни кӯдакон мутахассисони соҳавиро нигарон кардааст. Натиҷаи тадқиқоти Вазорати тандурустӣ ва ҳифзи иҷтимоии аҳолии кишвар нишон медиҳад, ки фарбеҳӣ дар байни кӯдакони синни мактабӣ (6-7-сола) 4,7%-ро ташкил медиҳад [7].

Андозаи таркиби бадан, арзёбии таносуби чарб ва дигар унсурҳо, дар маҷмӯъ инъикоси мувозинати неру ва дараҷаи қонеъшавии ҷисм нисбат ба неру ба шумор меравад.

Вазни бадани инсон андозаи ҷамъбастии устухонҳо, мушакҳо, узвҳои дарунӣ, моеъҳо ва бофтаҳои чарбӣ мебошад. Об 60-65%-и вазни умумии баданро ташкил дода, унсури зуд табдилёбанда ба ҳисоб меравад.

Дар бадани инсон қисмҳои бечарби «лоғар» ва чарбӣ вуҷуд доранд. Дар қисмҳои бе чарби бадани одам мушакҳо, сафедаҳо, об, моддаҳои минералӣ ва ғайра ҷой доранд. Вазни «лоғари» бадани инсони солим таркиби доимии худродорад: об - 72-74%, сафеда - 20%, калий - 60-70 ммол/кг дар мардҳова 50-60 ммол/кг дар занҳо мебошад. Қисми чарбии бадан нисбат ба қисми бечарбӣ метавонад то ҳадди ниҳоӣ тағйир ёбад.

Ба усулҳои ченкунии андозаи бадан ташхиси антропометрӣ, ба монанди ченкунии вазн, қад, гирди камар, рон, ғафсии чинҳои зери пуст, даврaҳои қисмҳои гуногуни бадан ва ҳисоби баъзе индексу таносубҳо дохил мешаванд.

Барои кӯдакон суръати инкишофи қад нишондиҳандаи мутлақи мувозинати мусбати неру маҳсуб меёбад. Тағйирёбии вазни бадани калонсолон низ аз тағйирёбии мувозинати неруи истеъмол ва масрафшуда шаҳодат медиҳад.

Вазни бадан нишондоди асосии ҷамъшавии чарб дар ҷисм ва ҳолати ғизо мебошад. Аммо, нишондиҳандаи мутлақи вазни бадан ба дараҷаи назаррас аз инкишофи қаду қомати инсон ва андозаи қисмҳои бадан вобаста буда, ба дараҷаи кофии неруи истеъмолшуда, баробар аст. Бинобар ин, барои ташхиси ҳолати ғизо индекси вазни бадан истифода бурда мешавад. Индекси вазни бадан (ИВБ) ба тарзи зерин муайян мегардад [5-6]:

$$I = \frac{m}{h^2} \qquad (1)$$

дар ин ҷо I – индекси вазни бадан (ИВБ), m – вазни бадан бо килограмм ва h – дарозии бадан бо метр чен карда мешаванд. Ин формула аз тарафи ҷомеашинос ва оморшиноси белгиягӣ Адолфом Кетеле (Adolphe Quetelet) соли 1869 коркард шудааст.

ИВБ зиёдшавии вазни баданро ҳангоми инкишофи қад ба назар мегирад, яъне натиҷаи нишондоди ИВБ танҳо барои таснифи ҳолати ғизои ҷавонон ва калонсолони аз 18 то 55-сола (барои кишварҳои рӯ ба тараққӣ) истифода мегардад. Арзёбии ИВБ кӯдакон ва наврасони то 18-сола қабул нашудааст, чунки нишондоди ИВБ бо болоравии синну соли онҳо тағйир меёбад.

Нишондоди ИВБ аз миқдори чарбҳои ҷисм, яъне бо дараҷаи фарбеҳшавӣ вобастагӣ дорад. Ин ҳолат бо роҳи муқоисаи ИВБ ва зичии бадан ё дигар усулҳои воқеии захирашавиҳои чарби бадан муқаррар шудааст. Аммо фарбеҳшавиро аз ҳисоби мушакҳо ё варам бо истифодаи ИВБ фарқ намудан ғайриимкон аст.

Аҳамияти тиббии ИВБ дар он аст, ки афзоиши он зиёда аз 25-30 бо эҳтимолияти хавфи инкишофи бемориҳои ғайрисироятӣ ва фавт вобастагӣ дорад (дар инкишофи онҳо вазни зиёди бадан ва бемории фарбеҳӣ нақш мебозанд).

Қабул шудааст, ки ИВБ:

$ИВБ < 18.5$ – норасоии сафедаю неру;

$ИВБ \in [18.5;24.9]$ – вазни бадани меъёрӣ;

$ИВБ \in [25;29.9]$ – вазни зиёди бадан;

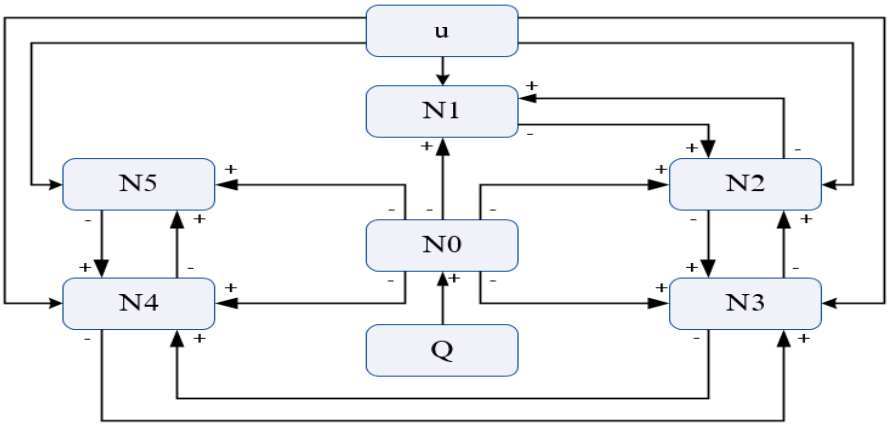
$ИВБ \geq 30$ – бемории фарбеҳӣ ва дар навбати худ:

$ИВБ \in [30;34.9]$ – фарбеҳии дараҷаисабук;

$ИВБ \in [35;39.9]$ – фарбеҳии дараҷаимиёна;

$ИВБ \geq 40$ – фарбеҳии дараҷаивазнинбаҳододамешавад.

Дар асоси маълумотҳои овардашуда таҳияи модели консептуалии масъалаи паҳншавии вазни зиёди бадан ва бемории фарбеҳӣ ба назар гирифта шуд.



Рас.1. Модели консептуалии масъалаи паҳншавии вазни зиёди бадан ва бемории фарбеҳӣ

Рис.1. Концептуальная модель распространенности избыточной массы тела и ожирения.

Fig.1. Conceptual model of the prevalence of overweight and obesity

Дар модели консептуалии масъалаи паҳншавии вазни зиёди бадан ва бемории фарбеҳӣ N_0 – неруи манбаи беруна, N_1 – шахсони солим, N_2 – шахсони вазни

зиёддошта, N_3 – шахсони гирифтори бемории фарбеҳии дараҷаи сабук, N_4 – шахсони гирифтори бемории фарбеҳии дараҷаи миёна, N_5 – шахсони гирифтори бемории фарбеҳии дараҷаи вазнин, Q – суръати воридшавии неруи манбаи беруна ва u – ташкилу чорабиниҳо барои нигоҳории саломатӣ мебошанд. Парамети u – ро дар намуди зерин навишта мумкин аст:

$$u = u(u_1, u_2, u_3, u_4, u_5) \in U,\ U = \left\{u : 0 \le u(t) \le u^{\max}\right\},\ u \in E^5.$$

Методикаи сохтани моделҳоро аз корҳои [8-13] истифода бурда ва модели консептуалиро ба назар гирифта модели математикии масъалаи паҳншавии вазни зиёди бадад ва бемории фарбеҳиро бо дар назардошти вақт ва синну солдар намуди зерин месозем:

$$\begin{cases} \dfrac{dN_0}{dt} = Q + F_0(N_1, N_2, N_3, N_4, N_5), \\ \dfrac{\partial N_1}{\partial t} + \dfrac{\partial N_1}{\partial a} = N_1 F_1(N_0) - u_1 N_1 + \lambda_1(N_2), \\ \dfrac{\partial N_2}{\partial t} + \dfrac{\partial N_2}{\partial a} = N_2 F_2(N_0) - u_2 N_2 + \lambda_2(N_1, N_3), \\ \dfrac{\partial N_3}{\partial t} + \dfrac{\partial N_3}{\partial a} = N_3 F_3(N_0) - u_3 N_3 + \lambda_3(N_2, N_4), \\ \dfrac{\partial N_4}{\partial t} + \dfrac{\partial N_4}{\partial a} = N_4 F_4(N_0) - u_4 N_4 + \lambda_4(N_3, N_5), \\ \dfrac{\partial N_5}{\partial t} + \dfrac{\partial N_5}{\partial a} = N_5 F_5(N_0) - u_5 N_5 + \lambda_5(N_4). \end{cases} \qquad (2)$$

Дар ин ҷо F_i – функсияинерӯ, $i = \overline{0,5}$, λ_i – функсияи ҳолат (аз ҳолати солимӣ ба ҳолати беморӣ оварда расонидан ва баръакс), $i = \overline{1,5}$, t – вақт, a – синну сол мебошанд.

Барои ҳаллимуодилаҳои системаи (1)шартҳоиаввалаи зерин дода мешаванд:

$$N_i\,|_{t=0} = N_i^0, \quad i = \overline{1,5} \qquad (3)$$

$$N_i(a_{\min}, t) = \int_{a_{\min}}^{a_{\max}} B(a) N_i(a,t)\,da,\ i = \overline{1,5},\ a_{\min} \le a \le a_{\max},\ 0 \le t \le t_k \qquad (4)$$

ки дар ин ҷо $N_i = (N_1, N_2, N_3, N_4, N_5)$.

Дар системаи (2) функсияи нерӯ $F_i(\cdot)$ ва функсияи ҳолат $\lambda_i(\cdot)$ дар намуди формулаи зериндода мешавад:

$$\begin{cases} F_0(\cdot) = -N_0 \sum_{i=1}^{5} \alpha_i N_i, \\ F_1(N_0) = -m_1 + k_1 \alpha_1 N_0, \\ F_2(N_0) = -m_2 + k_2 \alpha_2 N_0, \\ F_3(N_0) = -m_3 + k_3 \alpha_3 N_0, \\ F_4(N_0) = -m_4 + k_4 \alpha_4 N_0, \\ F_5(N_0) = -m_5 + k_5 \alpha_5 N_0. \end{cases} \qquad (5)$$

Дар ин ҷо m_i – сатҳи миёнаи фавти табиӣ, $i = \overline{1,5}$; k_i – ҳиссаи нерӯи истеъмолшуда, ки барои мубодилаи репродуктивӣ ва афзоиш организм истифода мешавад, $i = \overline{1,5}$; α_i – коэффитсиентҳои функсияҳои неру, $i = \overline{1,5}$ мебошанд.

$$\begin{cases} \lambda_1(N_2) = \gamma_2 N_2, \\ \lambda_2(\cdot) = \beta_1 N_1 + \gamma_3 N_3, \\ \lambda_3(\cdot) = \beta_2 N_2 + \gamma_4 N_4, \\ \lambda_4(\cdot) = \beta_3 N_3 + \gamma_5 N_5. \\ \lambda_5(N_5) = \beta_4 N_4 \end{cases} \qquad (6)$$

Дар ин ҷо β_i – коэффитсиенте мобошад, ки ба вазни зиёди бадан ва бемории фарбеҳӣ оварда мерасонад, $i = \overline{1,4}$; γ_i – коэффитсиентҳое мебошанд, ки аз бемории фарбеҳи ба вазни барзиёд ва солимӣ оварда мерасонад, $i = \overline{2,5}$ мебошанд.

Системаи (2)-робовоситаисистемаҳои (5) -(6) дар намуди зерин менависем[8-13]:

$$\begin{cases} \dfrac{dN_0}{dt} = Q - N_0 \sum_{i=1}^{5} \alpha_i N_i, \\ \dfrac{\partial N_1}{\partial t} + \dfrac{\partial N_1}{\partial a} = N_1(-m_1 + k_1\alpha_1 N_0) - u_1 N_1 + \gamma_2 N_2, \\ \dfrac{\partial N_2}{\partial t} + \dfrac{\partial N_2}{\partial a} = N_2(-m_2 + k_2\alpha_2 N_0) - u_2 N_2 + \beta_1 N_1 + \gamma_3 N_3, \\ \dfrac{\partial N_3}{\partial t} + \dfrac{\partial N_3}{\partial a} = N_3(-m_3 + k_3\alpha_3 N_0) - u_3 N_3 + \beta_2 N_2 + \gamma_4 N_4, \\ \dfrac{\partial N_4}{\partial t} + \dfrac{\partial N_4}{\partial a} = N_4(-m_4 + k_4\alpha_4 N_0) - u_4 N_4 + \beta_3 N_3 + \gamma_5 N_5, \\ \dfrac{\partial N_5}{\partial t} + \dfrac{\partial N_5}{\partial a} = N_5(-m_5 + k_5\alpha_5 N_0) - u_5 N_5 + \beta_4 N_4. \end{cases} \qquad (7)$$

Системаи (7)модели математикии масъалаи паҳншавии вазни зиёди бадан ва бемории фарбеҳӣ мебошад.

Таъриф.Нишондодҳои зеринро – шумораи миёнаи шахсони солим, вазни зиёди бадандошта ва гирифтори бемории фарбеҳии дараҷаи сабук, дараҷаи миёна ва дараҷаи вазнин дар вақти τ меномем:

$N_1^\tau = \dfrac{1}{\tau}\int_0^\tau \int_{a_{\min}}^{a_{\max}} N_1(a)dad\tau$ -шумораи миёнаи шахсони солим, $N_2^\tau = \dfrac{1}{\tau}\int_0^\tau \int_{a_{\min}}^{a_{\max}} N_2(a)dad\tau$ -шумораи миёнаи шахсони вазни барзиёддошта, $N_3^\tau = \dfrac{1}{\tau}\int_0^\tau \int_{a_{\min}}^{a_{\max}} N_3(a)dad\tau$ -шумораи миёнаи шахсони гирифтори бемории фарбеҳии дараҷаи сабук, $N_4^\tau = \dfrac{1}{\tau}\int_0^\tau \int_{a_{\min}}^{a_{\max}} N_4(a)dad\tau$ -шумораи миёнаи шахсони гирифтори бемории фарбеҳии дараҷаи миёна, $N_5^\tau = \dfrac{1}{\tau}\int_0^\tau \int_{a_{\min}}^{a_{\max}} N_5(a)dad\tau$ -шумораи миёнаи шахсони гирифтори бемории фарбеҳии дараҷаи вазнин.

Нишондоди N_1^p – шумораи шахсони солимро ифода кунад, $N_1^p \left[N_1^{\min}, N_1^{\max}\right], N_1^{\min} = 18.5;\ N_1^{\max} = 24.9$, ки набояд аз шумораҳои шахсони

вазни зиёди бадандошта ва бемории фарбеҳӣ кам набошанд, яъне $N_1^P \geq \sum_{i=2}^{5} N_i^\tau$, ки дар ин ҷо

$N_2^\tau \in \left[N_2^{\min}, N_2^{\max}\right] N_2^{\min} = 25;\ \ N_2^{\max} = 29.9$, $N_3^\tau \in \left[N_3^{\min}, N_3^{\max}\right]$,

$N_3^{\min} = 30;\ \ N_3^{\max} = 34.9$, $N_4^\tau \in \left[N_4^{\min}, N_4^{\max}\right], N_4^{\min} = 35;\ \ N_4^{\max} = 39.9$, $N_5^\tau \geq N_5^{\min}$,

$N_5^{\min} = 40$ бошад.

Инчунин, нобаробариҳои зеринро дида мебароем:

$$N_i^\tau \geq N_1^{\min},\ \ i = \overline{2,5} \qquad (8)$$

$$N_i^\tau \leq N_1^{\max},\ \ i = \overline{2,5} \qquad (9)$$

Қайд мекунем, ки мавриди иҷро нашудани шартҳои (8) ва (9) барои бартараф намудани норасоии ғизо, вазни зиёди бадан ва бемории фарбеҳӣ чораҳои мақсаднок андешида мешавад.

Инчунин қайд мекунем, ки моделҳои пешниҳодшуда дар вақти ҳалли баъзе масъалаҳои соҳаи тиб натиҷаҳои ба амалия наздик доданд.

АДАБИЁТ

1. Стратегия оид ба ғизо ва фаъолияти ҷисмонӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2015-2024. Қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 31 декабри соли 2014. –Душанбе, 2014. -№808. -24 с
2. Мирзоев А.С. Маҷмӯи ҳуҷҷатҳои меъёрӣ ва ҳуқуқии соҳаи хадамоти санитарию эпидемиологӣ /А.С. Мирзоев, С.С. Сатторов, Ш.Ҷ. Ҷобиров, Ҳ.С. Хайров //Душанбе.-2012. – 368 с.;
3. Хайров Ҳ.С. Ғизои одам (Асосоҳои нутритсиология) /Хайров Ҳ.С., Мартинчик А.Н. – Д.: ҶДММ «Донишварон», 2016. – 460 саҳ.
4. Хайров, Ҳ.С. Ғизои табобатӣ / Ҳ.С. Хайров, Д.Н. Содиқова ва дигарон.– Д.: ҶДММ «Контраст», 2018. – 575 саҳ.
5. Хайров Ҳ.С. Дастури методӣ оид ба пешгирии вазни зиёди бадан ва табобати фарбеҳӣ тавассути ғизо /Ҳ.С. Хайров, Д.М. Давлатов, ва дигарон //Д.: ҶДММ “Абдураҳмон”, 2020. – 100 саҳ.
6. Олимзода Н.Х. Ғизои солим бо дарназардошти мавсимҳои сол /Н.Х. Олимзода, Ҳ.С. Хайров //Д.: “Контраст”, 2020. – 345 с.
7. Хайров Ҳ.С. Омӯзиши масъалаи паҳншавии вазни барзиёд ва бемории фарбеҳӣ дар байни аҳолии вилояти Хатлони Ҷумҳурии Тоҷикистон тавассути барномаи TJ_RCN 2 /Ҳ.С. Хайров, Д.М. Давлатов //Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон бахши илмҳои табиӣ 2020. №5. С.45-49.
8. Юнуси Б.М. Локальновогнутые–нормально–распределенные модели вирусных явлений /Б.М. Юнуси, М.К. Юнуси //Вестник Таджикского национального Университета, Серия естественных наук, Душанбе. -2020. №2. С.5-15.
9. Юнусӣ М. Қ. Амсилаҳои математики системаҳои экологии “Парваришгоҳи биологии Камароб” ва агросенозҳои атрофаш бо назардошти вақт ва синну сол /М.Қ. Юнусӣ, М.Т. Сангов, И. Назаров, Д.М. Давлатов //Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон бахши илмҳои табиӣ, 2020. №2. С.39-50.
10. Юнуси М.К. Математические моделирование экосистем заповедника «Рамит» с учетом возрастных структур /М.К. Юнуси, А.Х.Одинаев, Д.М. Давлатов //Вестник Таджикского национального Университета, Серия естественных наук 2018,. №1. С.21-30.
11. Yunusi M.K. Some lectures on information technology as an interdisciplinary instrument in learning and teaching modern disciplines of educational process leading to professionalism /M.K. Yunusi //D.: "Sino", 2019.- 340 pages.
12. Юнуси М.К. Оптимальное управление в задачах защиты планируемого урожая, охраняемыми биологическими популяциями и их приложения /М.К. Юнуси //Д.: «Сино», 2018. -287 ст.
13. Юнуси М.К. Об одной модели лечения сахарного диабета /М.К. Юнуси, Ш.Ш. Давлатова //Вестник Таджикского национального Университета, Серия естественных наук (№1/2(160) ISSN 2074-1847) 2015. С.12-22.
14. Разина А.О. Ожирение: современный взгляд на метаболизм /А.О. Разина, Е.Е. Ачкасов, С.Д. Руненко //Ожирение и метаболизм. - 2016. -Т.13. -№1. -С.3-8.
15. Крысанова В.С. Социальная и экономическая значимость избыточной массы тела и ожирения в Российской Федерации. Основные подходы к лечению ожирения /В.С. Крысанова [и др.] //РМЖ. - 2015. -№26. - С.1534-1537.

REFERENCES LITERATURE

1. Strategy on nutrition and physical activity in the Republic of Tajikistan for 2015-2024. Resolution of the Government of the Republic of Tajikistan from December 31, 2014. -Dushanbe, 2014. -№808. -24pp.
2. Mirzoev A.S. Collection of regulatory documents in the field of sanitary and epidemiological service /A.S.Mirzoev, S.S.Sattorov, Sh.J.Jobirov, H.S.Khayrov/Dushanbe. -2012. - 368pp.
3. Khayrov H.S. Human nutrition (Fundamentals of Nutrition) /H.S. Khayrov, A.N. Martinchik - D.: Donishvaron LLC, 2016. – 460pp.
4. Khayrov H.S. Therapeutic nutrition /H.S. Khayrov,D.N. Sodiqova, and others. – D.: LLC "Contrast", 2018. – 575pp.
5. Khayrov H.S. Methodological guidelines for the prevention of overweight and the treatment of obesity through nutrition /H.S. Khayrov, D.M. Davlatov, and others //D.: LLC "Abdurahmon", 2020. - 100pp.

6. Olimzoda N.H. Healthy nutrition taking into account the seasons of the year /N.H. Olimzoda, H.S. Khayrov //D.: “Contrast”, 2020. - 345pp.
7. Khayrov H.S. Studying the problem of prevalence of overweight and obesity among thepopulation of the Khatlon region of the Republic of Tajikistan using the projectTJ_RCN 2 /H.S. Khayrov, D.M. Davlatov //Bulletin of the Tajik National University, Series of economic and social sciences. No.5,Dushanbe. -2020.P.45-49.
8. Yunusi B.M. Locally-concave normally distributed models of viral phenomena / B.M. Yunusi, M.K. Yunusi //Bulletinof the Tajik National University. Series of natural sciences. No.2, Dushanbe. -2020. P.5-15.
9. Yunusi M.K. Mathematical modeling of ecosystems of "preserve biological Kamarobe" and around agrocenosis taking into account time and age structures /M.K.Yunusi, M.T. Sangov, I. Nazarov, D.M. Davlatov //Bulletin of the Tajik National University, Series of natural sciences. No.2, Dushanbe. -2020.P.39-50.
10. Yunusi M.K. Mathematical modelling of the ecosystems of the Ramit national park, taking into account age structures /M.K.Yunusi, A.H. Odinaev, D.M. Davlatov//Bulletin of the Tajik National University, Series of natural sciences. No.4, Dushanbe. -2018. P.21-30.
11. Yunusi M.K. Some lectures on information technology as an interdisciplinary instrument in learning and teaching modern disciplines of educational process leading to professionalism /M.K. Yunusi //D.: "Sino", 2019.- 340 pages.
12. Yunusi M.K. Optimal control in the tasks of protecting the planned harvest, protected biological populations and their applications / M.K. Yunusi //D.: "Sino", 2018.-287 pages.
13. Yunusi M.K. About one model of diabetes mellitus treatment /M.K. Yunusi, Sh.Sh. Davlatova //Bulletin of the Tajik National University, Series of natural sciences (№1/2 (160) ISSN 2074-1847) 2015. C.12-22.
14. Razina A.O. Obesity: a modern view of metabolism /A.O. Razin, E.E. Achkasov, S.D. Runenko //Obesity and metabolism. - 2016. -T.13. -№1. P.3-8.
15. Krysanova V.S. Social and economic significance of overweight and obesity in the Russian Federation. Basic approaches to the treatment of obesity /V.S. Krysanova [et al.] //RMZh. - 2015. -№26. - P.1534-1537.

МОДЕЛИ КОНСЕПТУАЛӢ ВА МАТЕМАТИКИИ МАСЪАЛАИ ПАҲНШАВИИ ВАЗНИ ЗИЁДИ БАДАН ВА БЕМОРИИ ФАРБЕҲӢ

Тадқиқоти Вазорати тандурустӣ ва ҳифзи иҷтимоии аҳолии кишвар нишон медиҳанд, ки 17% аҳолии ҷумҳурӣ вазни зиёди бадан дошта, 11.3% (занҳо 10.3%, мардҳо 12.5%) – и он ба бемории фарбеҳӣ гирифтор аст. Фарбеҳӣ дар байни кӯдакони синни мактабӣ (6-7- сола) бошад, 4.7%-ро ташкил медиҳад. Тибқи маълумоти расмӣ (“Барномаи пешгирии фарбеҳӣ ва ташаккули ғизои солим дар Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2019-2024”) паҳншавии бемории фарбеҳӣ дар ҷомеа сабаби харҷи зиёди иқтисодии соҳаи тандурустӣ гардида, дар маҷмӯъ, ба иқтисодиёти давлат таъсири манфӣ мерасонад. Мақола ба сохтани модели консептуалӣ ва математикии паҳншавии вазни зиёди бадан ва фарбеҳӣ бахшида шудааст. Хусусияти фарқкунандаи ин модел аз дигар моделҳои математикии марбут ба назарияи трофикӣ дар он аст, ки тавсифи раванди паҳншавии вазни зиёди бадан ва фарбеҳӣ бо истифода аз асбобҳои математикӣ мебошад. Нобаробариҳои математикии тартибдодашуда, ки гумонбарони вазни зиёди бадан ва фарбеҳиро дар кадом нобаробарӣ ҷойгир шудааст, нишон медиҳад. Ҳангоми иҷро нашудани шартҳои (8) ва (9) ба мо лозим меояд, ки бартараф намудани норасоии сафедаю неру ва аз меъёр зиёд будани вазни бадан ва бемории фарбеҳӣ чорабиниҳои мақсаднок андешем. Бояд қайд намуд, ки барои амалӣ гардидани “Стратегия оид ба ғизо ва фаъолияти ҷисмонӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2015-2024” ва “Барномаи пешгирии фарбеҳӣ ва ташаккули ғизои солим дар Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2019-2024” ҳамчун масъалаи афзалиятноки байниидоравӣ муайян шудааст, мо модели консептуалӣ ва математикии паҳншавии вазни зиёди бадан ва фарбеҳиро сохтем.

Калидвожаҳо: неру, индекси вазни бадан, вазни зиёди бадан, норасоии сафеда, норасоии неру, бемории фарбеҳӣ,омӯзиш, пешгирӣ, табобат, модел, модели консептуалӣ, модели математикӣ.

КОНЦЕПТУАЛЬНО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОБЛЕМЫ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ ИЗБЫТОЧНОЙ МАССЫ ТЕЛА И ОЖИРЕНИЯ

Исследования Министерства здравоохранения и социальной защиты, показывает, что 17% населения страны имеет избыточный вес и 11,3% (10,3% женщин, мужчин 12,5%) страдают ожирением. Ожирение среди детей школьного возраста (6-7 лет) составляет 4,7%. По официальным данным («Программа профилактики ожирения и здорового питания в Республике Таджикистан на 2019-2024 годы»)распространение ожирения в обществе приводит к высоким экономическим расходам на здравоохранение и в целом оказывает негативное влияние на экономику государства. Данная статья посвящена построению концептуально-математической модели распределения избыточной массы тела и ожирения.Отличительной особенностью этой модели от других математических моделей, связанных с теорией трофики, является то, что она описывает процесс распространения избыточной массы тела и ожирения с помощью математических инструментов.Составленные математические неравенства показывают, где находятся неравенства массы тела и ожирения.В случае невыполнения условий (8) и (9), мы должны принять целенаправленные меры для устранения белковых и энергетических недостатков и избыточного веса, и ожирения. Следует отметить, что для реализации «Стратегии по питанию и физической активности в Республике Таджикистан на 2015-2024 годы» и «Программы по профилактике ожирения и здорового питания в Республике Таджикистан на 2019-2024 годы» определены межведомственные приоритеты, мы построили концептуальную и математическую модель распределения избыточной массы тела и ожирения.

Ключевые слова:энергия, индекс масса тела, избыточной массы тела, дефицит белка, дефицит энергии, ожирение, профилактика, лечение, модель, концептуальная модель, математическая модель.

CONCEPTUAL-MATHEMATICAL MODEL OF THE PROBLEM OF THE PREVALENCE OF OVERWEIGHT AND OBESITY

Research by the Ministry of Health and Social Protection shows that 17% of the country's population is overweight and 11.3% (10.3% of women, 12.5% of men) are obesed. Obesity among schoolchildren (6-7 years old) is 4.7%. According to official data ("Program for the Prevention of Obesity and Healthy Eating in the Republic of Tajikistan for 2019-2024"), the

spread of obesity in society leads to high economic costs for health care and, in general, has a negative impact on the economy of the country. This article is devoted to the construction of a conceptual-mathematical model of the distribution of overweight and obesity. A distinctive feature of this model from other mathematical models associated with the theory of trophism is that it describes the process of the spread of overweight and obesity using mathematical tools. The compiled mathematical inequalities show where the inequalities in body weight and obesity are. If conditions (8) and (9) are not met, we must take targeted measures to eliminate protein and energy deficiencies and overweight and obesity. It should be noted that for the implementation of the Strategy on Nutrition and Physical Activity in the Republic of Tajikistan for 2015-2024 and the Program for the Prevention of Obesity and Healthy Nutrition in the Republic of Tajikistan for 2019-2024, interagency priorities have been identified, we have built a conceptual and mathematical model distribution of overweight and obesity.

Keywords: energy, body mass index, overweight, protein deficiency, energy deficiency, obesity, prevention, treatment, model, conceptual model, mathematical model.

Маълумот оид ба муаллифон: ***Юнусӣ Маҳмадюсуф Қамарзода*** – доктори илмҳои физикаю математика, профессори кафедраи информатикаи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон **Суроға:** 734055, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рудакӣ 17. Тел.: (+992) 918219990. E-mail: myunusi@mail.ru.
Хайров Ҳотамбег Сайфидинович – доктори илмҳои тиб, акедемики Академияи байналмилалии биотехнологияи ғизои Федератсия Россия, профессори кафедраи беҳдошти муҳити зисти Муассисаи давлатии таълимии "Донишгоҳи давлатии тиббии Тоҷикистон ба номи Абӯалӣ ибни Сино" **Суроға:** Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 139. Тел.: (+992) 919-03-03-30; (+992) 900-90-81-18. E-mail: khairov1@yandex.ru.
Давлатов Давлатёр Манонович – муаллими калони кафедраи моделсозии математикӣ ва компютерии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. **Суроға:** 734055, ҶумҳурииТоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. Тел.: (+992)985-20-26-56; E-mail: ddm-90@mail.ru.

Сведения об авторах: ***Юнуси Махмадюсуф Камарзода*** – доктор физика-математической наук, профессор кафедры математического и компьютерного моделирования Таджикского национального университета. **Адрес:** 734055, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Рудаки, 17. Тел.: (+992) 918219990. E-mail: myunusi@mail.ru.
Хайров Хотамбег Сайфидинович – доктор медицинских наук, академик Международной академии биотехнологии питания Российской Федерации, профессор кафедрой гигиены окружающей среды ГОУ "Таджикского государственного медицинского Университета имени Абуали ибн Сино. **Адрес:** 734055, Республика Таджикистан, г.Душанбе, ул. Рудаки, 139. Тел.: (+992)919-03-03-30; (+992)900-90-81-18; E-mail: khairov1@yandex.ru.
Давлатов Давлатёр Манонович – старший преподаватель кафедры математического и компьютерного моделирования Таджикского национального университета. **Адрес:** 734055, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Рудаки, 17. Тел.: (+992) 985-20-26-56; E-mail: ddm-90@mail.ru.
Information about authors: ***Yunusi Mahmadyusuf Qamarzoda*** – Doctor of Physics and Mathematics, Professor of the Department of Mathematical and Computer Modeling of the Tajik National University. **Address:** 734055, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki ave., 17. Ph.: (+992) 918219990. E-mail: myunusi@mail.ru.
Khayrov Hotambeg Sayfidinovich – Doctor of Medical Sciences, Academician of the International Academy of Nutrition Biotechnology of the Russian Federation, Professor of the Department of Environmental Hygiene of the State Educational Institution of the Tajik State Medical University named after Abuali ibn Sino.**Address:** 734055, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki ave., 139. Ph.: (+992) 919-03-03-30; (+992)900-90-81-18. E-mail: khairov1@yandex.ru.
Davlatov Davlatyor Manonovich – Senior lecturer of the department of Mathematical and Computer Modeling of the Tajik National University. **Address:** 734055, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki ave., 17. Ph.: (+992) 985-20-26-56. E-mail: ddm-90@mail.ru.

УДК:УДК: 519.2(075)

АЛГОРИТМҲОИ ТАШАККУЛИ ТАҚСИМОТИ СТАТИСТИКИИ ИНТИХОБ

Шерматов Н., Ғафоров А.Б.
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Гузориши масъала. Бигузор дар натиҷаи тадқиқ ба қиматҳои бузургии Х, қиматҳои бузургии У мувофиқ оянд, ки маълумотҳояш дар ҷадвали 1 оварда шудааст.

Ҷадвали 1.
Таблица 1.
Table 1.

x_i	x_1	x_2	…	x_n
y_i	y_1	y_2	..	y_n

Чунин вобастагии аналитикӣ ёфта шавад,ки он тағйирёбандаҳои Х ва У-ро алоқаманд намояд.

Муайян намудани чунин вобастагӣ ба ду марҳила ҷудо мешавад:

1) интихоб намудани формулаи эмпирикӣ ва ёфтани параметрҳои он;
2) тарзҳои муайян намудани ин параметрҳо мебошанд.

Алгоритми ташаккули тақсимоти статистикии интихобро тартиб медиҳем.

$x_i=x_{i-1}+h$,i=1,2,…m

h= бақияи $\left(\frac{V+44}{8}\right)+0{,}5$; $m=$ бақияи $\left(\frac{V+11}{7}\right)+2$;x_0 =бақияи$\left(\frac{x+149}{7}\right)=2;$

$$y_i=\begin{cases}\left|\text{бақияи}\left(\dfrac{V+(i+1)*13}{6}\right)-i\right|, i=2p+1, p\in N,\\ \left|\text{бақияи}\left(\dfrac{V+13\,i}{6}\right)-0{,}8i\right|, i=2p,\ \ p\in N.\end{cases}$$

Бигузор V=100 бошад. Пас, нуқтаҳои ибтидоӣ; x_0 =бақияи$\left(\frac{149}{7}\right)-2=4--2=2;$

қадами h: h= бақияи $\left(\frac{144}{8}\right)+0{,}5=0+0{,}5=0{,}5;$

миқдори нуқтао m: $m=$ бақияи$\left(\frac{111}{7}\right)+2=6+2=8.$

Он гоҳ, $x_i=x_{i-1}+h$;$x_1=2{,}5$; $x_2=3$; $x_3=3{,}5$; $x_4=4$; $x_5=4{,}5$; $x_6=5{,}0$; $x_7=5{,}5$; $x_8=6$.

Акнун аз рӯи алгоритми овардашуда $y_i(i=\overline{1,8})$- ро ҳисоб мекунем:

$$i=1,\quad y_1=\left|\text{бақияи}\left(\frac{126}{6}\right)-1\right|=|0-1|=1;$$

$$i=2,\quad y_2=\left|\text{бақияи}\left(\frac{126}{6}\right)-1{,}6\right|=|0-1{,}6|=1{,}6;$$

$$i=3,\quad y_3=\left|\text{бақияи}\left(\frac{152}{6}\right)-3\right|=\left|\text{бақияи}\left(\frac{76}{3}\right)-3\right|=|1-3|=2;$$

$$i=4,\quad y_4=\left|\text{бақия}\left(\frac{152}{6}\right)-3{,}2\right|=\left|\text{бақияи}\left(\frac{76}{3}\right)-3{,}2\right|=|1-3{,}2|=2{,}2;$$

$$i=5,\quad y_5=\left|\text{бақияи}\left(\frac{178}{6}\right)-5\right|=\left|\text{бақияи}\left(\frac{89}{3}\right)-5\right|=|2-5|=3;$$

$$i=6,\quad y_6=\left|\text{бақияи}\left(\frac{178}{6}\right)-4{,}8\right|=\left|\text{бақияи}\left(\frac{89}{3}\right)-4{,}8\right|=|2-4{,}8|=2{,}8;$$

$$i=7,\quad y_7=\left|\text{бақияи}\left(\frac{204}{6}\right)-7\right|=|\text{бақияи}(0-7)|=7;$$

$$i = 8, y_8 = \left|бақияи\left(\frac{204}{6}\right) - 6{,}4\right| = |(0 - 6{,}4)| = 6{,}4.$$

Ҳамин тавр, чунин тақсимотро ҳосил намудем:

Ҷадвали 2.
Таблица 2.
Table 2.

x_i	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
y_i	1,0	1,6	2,0	2,2	3,0	2,8	7,0	6,4

Нуқтаҳои (2,5;1), (3,0; 1,6), (3,5; 2,0), (4,0; 2,2), (4,5; 3,0), (5,0; 2,8), (5,5; 7,0), ва (6,0; 6,4)-ро дар системаи координатаи декартӣ гузошта, дида метавонем, ки онҳотақрибан дар атрофи хати рости

$y = ax + b$ (1)

ҷойгиранд. Параметрҳои a ва b-ро дар асоси маълумотҳои ба даст овардашуда, ба яке аз усулҳои маълуми нуқтаҳои интихобшуда, миёнаҳо ё квадратҳои хурдтарин бо осонӣ ёфтан мумкин аст.

Алгоритми ташаккули тақсимоти статистикии интихоб (намуди параболикӣ).

Бигузор маълумотҳои статистикии интихоб ташаккул дода шавад, ки он функсияи $y = ax^2 + bx + c$ (2) – ро тасвир намояд. Барои ин чунин алгоритмро пешниҳод мекунем:

$$x_i = x_{i-1} + h, \qquad i = 1,2, \dots, m; \qquad m = бақияи\left(\frac{V}{7}\right) + 6;$$

$$h = \left|бақияи\left(\frac{|2V - 11|}{6}\right) - 2\right|; \qquad x_0 = \left|бақияи\left(\frac{V}{6}\right) - 3\right|;$$

$$y_i = \begin{cases} 5\left|бақияи\left(\frac{2V + 11}{9}\right) - 0{,}4i\right| - \frac{|V - 20i|}{100}, 1 \le i < \left[\frac{m}{2}\right] + 1, \\ 4\left|бақияи\left(\frac{V + 128}{3}\right) + 0{,}3i\right| + \frac{V + 40i}{100}, \qquad \left[\frac{m}{2}\right] + 1 < i \le m. \end{cases}$$

Бигузор V=200 бошад. Он гоҳ, мувофиқи алгоритми овардашуда

$$\mathrm{m} = |бақияи\left(\frac{200}{7}\right) + 6 = 4 + 6 = 10;$$

$$\mathrm{h} = \left|бақияи\left(\frac{389}{6}\right) - 2\right| = |5 - 2| = 3;$$

$$\mathrm{x_0} = \left|бақияи\left(\frac{200}{6}\right) - 3\right| = \left|бақияи\left(\frac{100}{3}\right) - 3\right| = |1 - 3| = 2;$$

Пас, $\mathrm{x_1} = 5; \mathrm{x_2} = 8; \mathrm{x_3} = 11; \mathrm{x_4} = 14; \mathrm{x_5} = 17; \mathrm{x_6} = 20; \mathrm{x_7} = 23; \mathrm{x_8} = 26;$

$\mathrm{x_9} = 29;\ \mathrm{x_{10}} = 32.$ Акнун $\mathrm{y_i}(\mathrm{i} = \overline{1,10})$ – ро аз баробарии

$$y_i = \begin{cases} 5\left|бақияи\left(\frac{411}{9}\right) + 0{,}4i\right| - \frac{|200 - 20i|}{100}, 1 \le i < \left[\frac{m}{2}\right] + 1, \\ 4\left|бақияи\left(\frac{328}{3}\right) + 0{,}3i\right| + \frac{200 + 40i}{200}, \left[\frac{m}{2}\right] + 1 < i < m, \end{cases}$$

истифода бурда, меёбем.

$$i = 1, y_1 = 5 \cdot |6 - 0{,}4| - \frac{180}{100} = 5 \cdot 5{,}6 - 1{,}8 = 26{,}2;$$

$$i = 2, y_2 = 5 \cdot |6 - 0{,}8| - \frac{160}{100} = 5 \cdot 5{,}2 - 1{,}6 = 24{,}2;$$

$$i = 3, y_3 = 5 \cdot |6 - 1{,}2| - \frac{140}{100} = 5 \cdot 5{,}8 - 1{,}4 = 22{,}6;$$

$$i = 4, y_4 = 5 \cdot |6 - 1{,}6| - \frac{120}{100} = 5 \cdot 4{,}4 - 1{,}2 = 20{,}8;$$

$$i = 5, y_5 = 5 \cdot |6 - 2| - \frac{100}{100} = 5 \cdot 4 - 1 = 19;$$

$$i > 5, y_i = 4 \cdot |1 + 0{,}3i| + \frac{200 + 40i}{200};$$

$$i = 6, y_6 = 4 \cdot |1 + 1{,}8| + 2{,}2 = 13{,}4;$$

$$i = 7, y_7 = 4 \cdot |1 + 2{,}1| + 2{,}4 = 14{,}8;$$

$$i = 8, \quad y_8 = 4 * [1 + 2{,}4] + 2{,}6 = 16{,}2;$$

$$i = 9, \ y_9 = 4[1 + 2{,}7] + 2{,}8 = 17{,}6;$$

$$i = 10, \ y_{10} = 4[1 + 3] + 3 = 19.$$

Ҳамин тавр, тақсимоти статистикии интибро ҳосил намудем.

Ҷадвали 3.
Таблица 3.
Table 3.

x_i	5	8	11	14	7	0	3	6	9	2
y_i	6,2	4,2	2,6	0,8	9	3,4	4,8	6,2	7,6	9

Нуқтаҳои $(x_i, y_i) - po(i = 1, \overline{10})$ дар системаи координатаи XoY гузошта, маълум менамоем, ки ин график ба парабола наздик аст. Коэффитсиентҳои a,b,c -ро аз рӯи маълумоти ҷадвали 3 бо истифода аз усули квадратҳои хурдтарин ёфтан мумкин аст.

Алгоритми ташаккули тақсимоти статистикии интихоб (шакли гиперболикӣ).

$$x_i = \begin{cases} i, & 1 \le i < k, \\ x_{k-1} + 2, & k \le i \le m. \end{cases}$$

h=бақияи $(\frac{|V-13|}{9})+6$,

k=бақияи$(\frac{V+133}{3})+[\frac{m}{2}] + 1$,

$y_i = y_0 + \frac{h}{i}, i = 1,2,,,m$

m=бақия$и\left(\frac{V+186}{7}\right) + 6$,

$y_o = бақияи\left(\frac{V}{9}\right) + 1.$

Бигузор V=100. Пас,

$m = бақияи\ \left(\frac{286}{7}\right) + 6 = 6 + 6 = 12\ , \quad \left[\frac{m}{2}\right] = 6,$

$h = бақияи\ \left(\frac{87}{9}\right) + 6 = 6 + 6 = 12,$

$y_0 = бақияи\left(\frac{100}{9}\right) + 1 = 1 + 1 = 2,$

$k = бақияи\left(\frac{233}{3}\right) + \left[\frac{12}{2}\right] + 1 = 2 + 6 + 1 = 9.$

Қиматҳои x_i-ро ҳисоб мекунем:

$1 \le i < 9$

$x_i = i$; $x_1 = 1$; $x_2 = 2$; $x_3 = 3$; $x_4 = 4$; $x_5 = 5$; $x_6 = 6$; $x_7 = 7$; $x_8 == 8$; $9 \le i \le 12$

$x_i = x_{i-1} + 2$; $x_9 = x_8 + 2 = 8 + 2 = 10$; $x_{10} = x_9 + 2 = 10 + 2 = 12$;

$x_{11} = x_{10} + 2 = 12 + 2 = 14$; $x_{12} = x_{11} + 2 = 14 + 2 = 16$.

Акнун қиматҳои y_i *– ро бо саеши* 10^{-2}*ба воситаи*

$y_i = y_o + \frac{h}{i}(h = 12, y_o = 2)$*ҳисоб мекунем.*

$y_i = 2 + \frac{12}{i}$: $y_1 = 2 + 12 = 14$; $y_2 = 8$; $y_3 = 6$; $y_4 = 5$;

$y_5 = 2 + \frac{12}{5} = 2 + 2{,}4 = 4{,}4$; $y_6 = 4$; $y_7 = 2 + \frac{12}{7} = 2 + 1{,}7 = 3{,}7$;

$y_8 = 2 + 1{,}5 = 3{,}5$; $y_9 = 2 + \frac{12}{9} = 2 + 1{,}3 = 3{,}3$; $y_{10} = 2 + \frac{12}{10} = 3{,}2$;

$y_{11} = 2 + \frac{12}{11} = 3{,}1$; $y_{12} = 3$.

Инак, чунин таксимоти статистикии интихобро ҳосил намудем:

i	1	2	3	4	5	6	7	8	0	2	14	16
i	14	8	6	5	4,4	4	,7	,5	,3	,2	,1	3

Ҳангоми гузоштани ин нуқтаҳо дар системаи координатаи ХоУ графикеро ҳосил менамоем, ки ба функсияи гиперболикии

$y = \frac{a}{x} + b$ (3)

наздик аст. Параметрҳои номаълуми a ва b-ро бо усули квадратҳои хурдтарин муайян намуда метавонем. Дар поён алгоритмро дар намуди матнӣ- формулавӣ, инчунин, блок-схема ва коди барномаро дар забони С++ меоварем.

Алгоритм ва блок-схема

Ҳолати хаттӣ

1.Ибтидо

2.ДохилкунииV

3. Ҳисобкунии x0=бақияи((v+149)/ 7)-2;

Ҳисобкунии m=бақияи((v+11)/ 7)+2;

Ҳисобкунии h=бақияи((v+44)/8)+0.5;

4. x[0]=x0;

5. Барои i=1; то m;

6. x [i]=x[i-1]+h;

7. Агар (i%2==1) онгоҳ

l=бақияи ((v+(i+1)*13)/6);

y [i]=(l-i);

8. Агар (y[i]<0) он гоҳ

y [i]=(-1)*(l-i);

9. Вагарна

y [i]=l-i;

10. Агар (i%2==0) онгоҳ

l=бақияи((v+13*i)/6);

y[i]=l-0.8*i;

11. Агар (y[i]<0) онгоҳ

y[i]=(-1)*(l-0.8*i);

12. Вагарна

y[i]=l-0.8*i;
13. Хоричкунии x[i], y[i];
14. Интиҳо

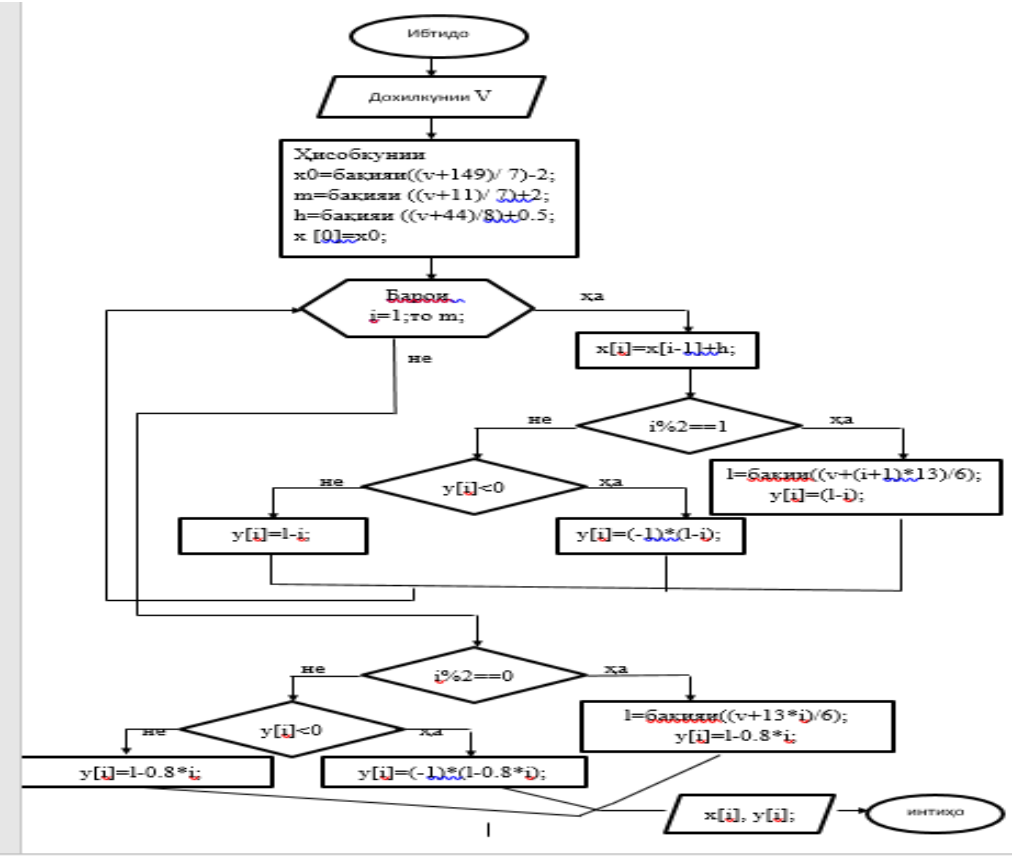
Ҳолати Парабола

1.Ибтидо
2.Дохилкунии V
3. Ҳисобкунии
m=бақияи(v/7)+6;
h=abs(бақияи((abs(2*v-11))/6)-2);
4. Агар h<0 онгоҳ
h=(-1)*h;
5. x [0]=x0;
6.Барои i=1; то m;
x[i]=x[i-1]+h;
Агарi>=1 ва i<m/2+1 онгоҳ
y[i]=5*(бақияи((2*v+11)/9)-0,4*i)-(v-20*i)/100;
Агар y[i]<0 он гоҳ
y[i]=(-1)*y[i];
Вагарна
y[i]=y[i];
7.Вагарна
y[i]=4*abs((iht((v+128),3)+0,3*i))+(v+40*i)/100;
Агар y[i]<0 онгоҳ
y[i]=(-1)*y[i];
Вагарна
y[i]=y[i];
8.Хоричкунии x[i], y[i];
9.Интиҳо

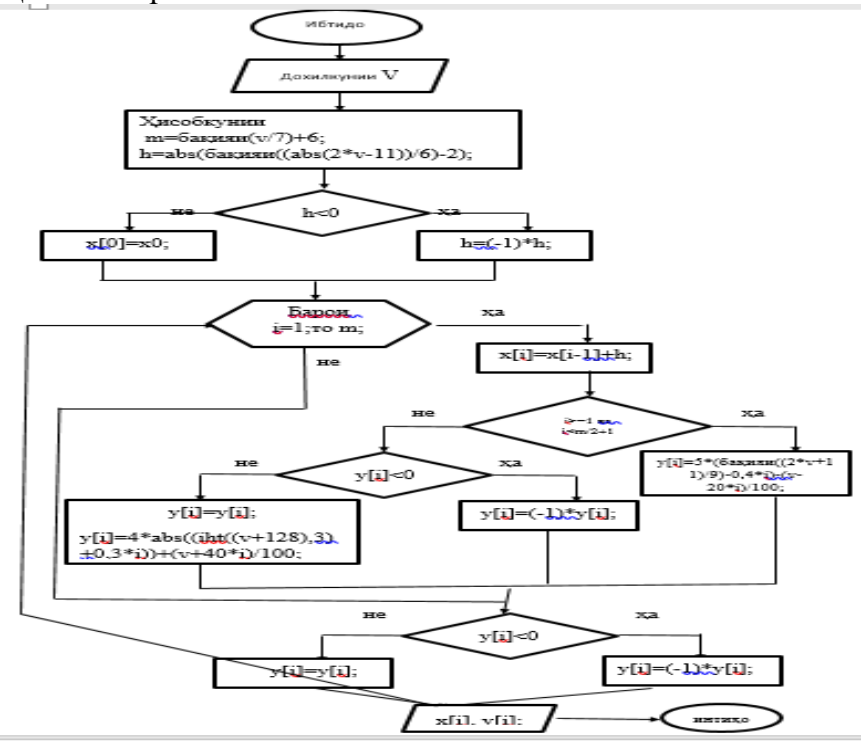
Ҳолати гипербола

1.Ибтидо
2.Дохилкунии V
3. Ҳисобкунии
x0=abs(бақияи(v/6)-3);
m=бақияи(v+186/7)+6;
h=(abs(v-13)%9)+6;
k=бақияи(abs(v+133)/3)+m/2+1;
y0=бақияи(v/9)+1;
4. Барои i=1; то m;
Агар i<k онгоҳ
x [i]=i;
Агар i>=k онгоҳ
x[i]=x[i-1]+2;
y[i]=y0+h/i;
5. Хоричкунии x[i], y[i];
6. Интиҳо

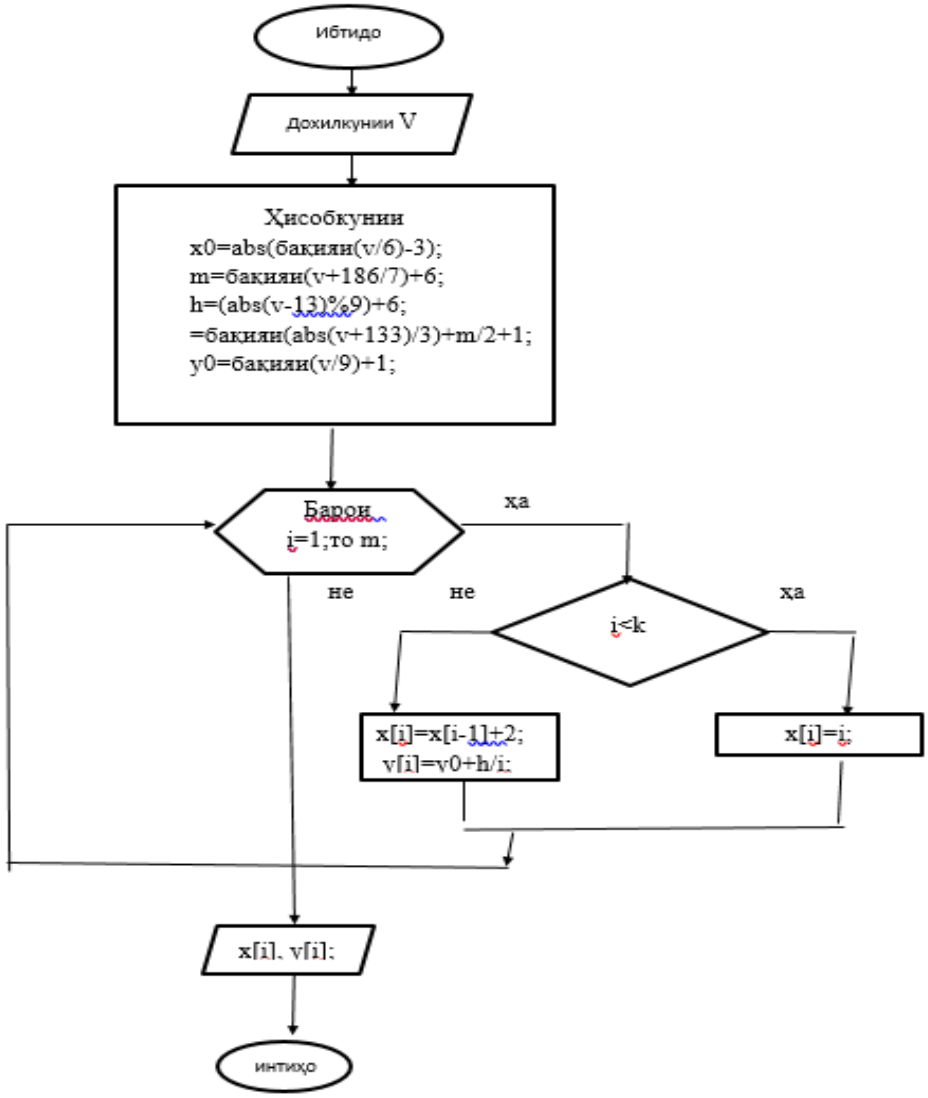
Ҳолати хаттӣ



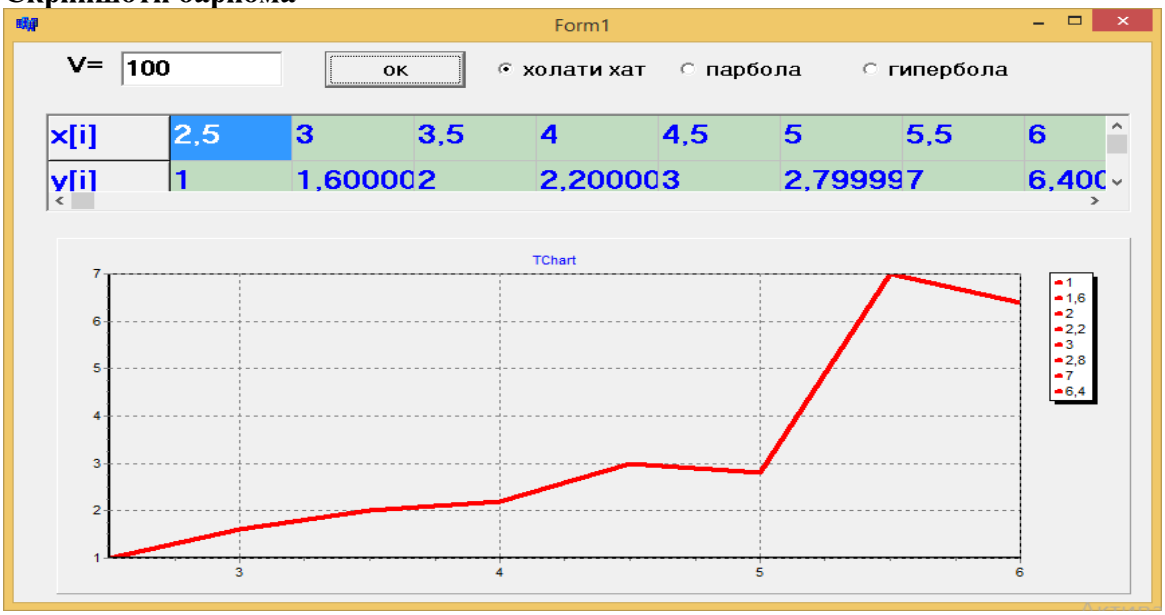
Ҳолати парабола

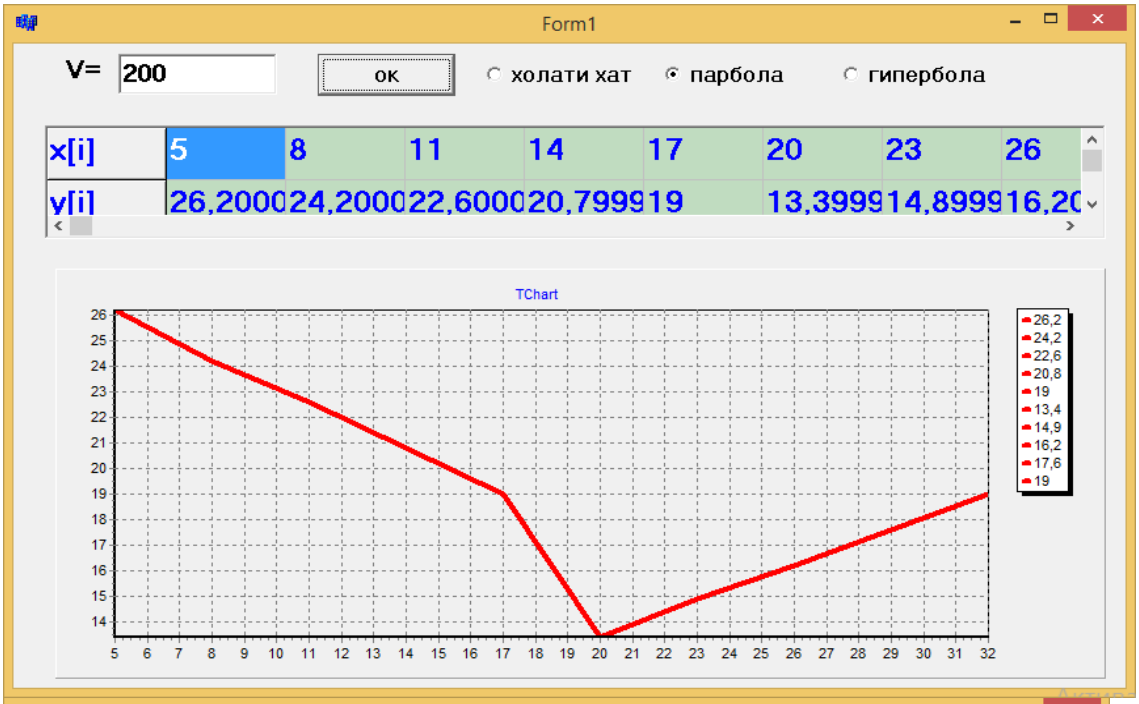


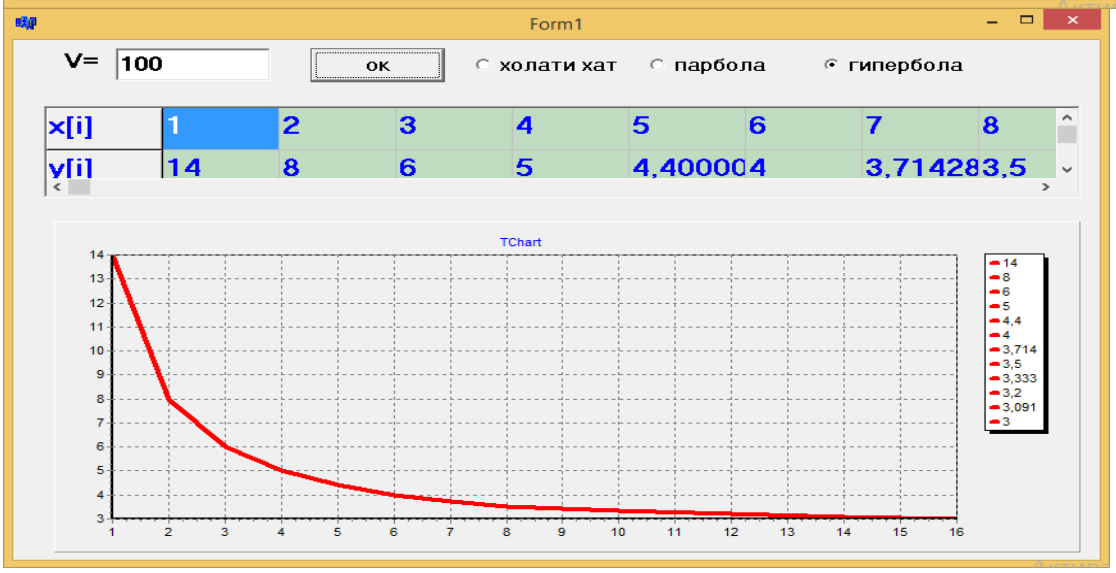
Ҳолати гипербола



Скриншоти барнома







Коди барнома

```
void __fastcall TForm1::Button1Click(TObject *Sender)
{int x0,m,v,l,z;
if(RadioButton1->Checked){
v=StrToInt(Edit1->Text);
float x[100],y[100],h;
x0=iht((v+149),7)-2;
m=iht((v+11),7)+2;
h=iht((v+44),8)+0.5;

StringGrid1->Visible=true;
StringGrid1->ColCount=m+2;
//StringGrid1->RowCount=k+2;
 x[0]=x0;
 for(int i=1;i<=m; i++){
 x[i]=x[i-1]+h;
```

```
 if(i%2==1){
 l=iht((v+(i+1)*13),6);
 y[i]=(l-i);
 if(y[i]<0){
 y[i]=(-1)*(l-i);
 }
 else{
 y[i]=l-i;
 }
 }
 if(i%2==0){
 l=iht((v+13*i),6);
 y[i]=l-0.8*i;
 if(y[i]<0){
 y[i]=(-1)*(l-0.8*i);
 }
 else{
 y[i]=l-0.8*i;
 }
 }
 StringGrid1->Cells[i][0]=x[i];
 StringGrid1->Cells[i][1]=y[i];
 Series1->AddXY(x[i],y[i]);
 }
 }

 //---------------------------------------------------------------------
 if(RadioButton2->Checked ){
 v=StrToInt(Edit1->Text);
float x[100],y[100],h;
x0=abs(iht(v,6)-3);
m=iht(v,7)+6;
h=abs(iht((abs(2*v-11)),6)-2);
 z=m/2;
if(h<0){
h=(-1)*h;
}
StringGrid1->Visible=true;
StringGrid1->ColCount=m+2;
//StringGrid1->RowCount=k+2;
 x[0]=x0;
for(int i=1;i<=m; i++){
 x[i]=x[i-1]+h;
if(i>=1 && i<(m/2+1)){
 y[i]=5*(iht((2*v+11),9)-0,4*i)-(v-20*i)/100;
 if(y[i]<0){
 y[i]=(-1)*y[i]; }
 else{
 y[i]=y[i];}
 }
 else{
 y[i]=4*abs((iht((v+128),3)+0,3*i))+(v+40*i)/100;
```

```
 if(y[i]<0){
 y[i]=(-1)*y[i];
 }
 else{
 y[i]=y[i];}
 }
 StringGrid1->Cells[i][0]=x[i];
 StringGrid1->Cells[i][1]=y[i];
 Series1->AddXY(x[i],y[i]);
}
 }
 //---------------------------------------------------------------------
 if(RadioButton3->Checked ){
 int m,k,y0;
 v=StrToInt(Edit1->Text);
float x[100],y[100],h;
//x0=abs(iht(v,6)-3);
m=iht(v+186,7)+6;
h=(abs(v-13)%9)+6;
k=iht(abs(v+133),3)+m/2+1;
y0=iht(v,9)+1;
StringGrid1->Visible=true;
StringGrid1->ColCount=m+2;
//StringGrid1->RowCount=k+2;
 for(int i=1;i<=m; i++){
 if(i<k){
 x[i]=i;
 }
 if(i>=k) {
 x[i]=x[i-1]+2;
 }
 y[i]=y0+h/i;
 StringGrid1->Cells[i][0]=x[i];
 StringGrid1->Cells[i][1]=y[i];
 Series1->AddXY(x[i],y[i]);
 }
 }

}
//---------------------------------------------------------------------------

void __fastcall TForm1::FormCreate(TObject *Sender)
{
StringGrid1->Cells[0][0]="x[i]";
StringGrid1->Cells[0][1]="y[i]";
}
```

АДАБИЁТ

1. Самандаров Э.Г. Асосҳои назарияи эҳтимолият/ Э.Г.Самандаров, М.Муъминов, 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. Одинаев Р.Н. Методҳои оптимизатсионӣ дар мисолу масъалаҳо: васоити таълимӣ/ Р.Н.Одинаев, Фаррухшоҳ Раимзода., Фараҳноз.Раимзода, Н. Шерматов. - Душанбе: «ЭР-граф», 2020. – 147 с.
6. Закс Л. Статистическое оценивание/ Л.Закс . - М.: Статистика, 1976. - 598 с.
7. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ. Книга 1/ Н. Дрейпер, Г.Смит. - М.: Финансы и статистика, 1998. - 336с; Книга 2. 1987. – 351 с.
8. Ғафоров А.Б.Маҷмӯи ҳалли мисолу масъалаҳои олимпиада аз математика ва барномасозӣ/ А. Б. Ғафоров., А. Ҳ. Мирзоев., Ғ. М. Қодиров. – Душанбе, 2016. – 146 с.
9. Культин Н.Б.C++Builder в примерах.-СПб.:БХВ-Петербург, 2005.
10. А. Я. Архангельский, М. А. Тагин « C++ Builder 6 и 2006» изд Бином. 2007-1185с.
11. Боровский, А. C++ и Pascal в Kylix 3. Разработка интернет-приложений и СУБД / А. Боровский. - М.: БХВ-Петербург, 2014. – 544 с.
12. Вальпа Олег Borland C++ Builder. Экспресс-курс (+ CD) / Олег Вальпа. - М.: БХВ-Петербург, 2012. - 224 с.
13. Макки Алекс. Введение в .NET 4.0 и Visual Studio 2010 для профессионалов / Алекс Макки. - М.: Вильямс, 2014. – 416 с.
14. Гольштейн Е.Г., Юдин Д.Б. Нове направления в линейном программировании/ Е.Г.Гольштейн, Д.Б.Юдин. – М.: Сов.радио, 1992. – 527с.
15. Данциг Дж. Линейное прогрпммирование, его обобщения и применения/ Дж.Данциг. – М.: Прогресс, 1966. – 602 с.

REFERENCES LITERATURE

1. Samandarov E.G. Fundamentals of the theory of probability / E.G.Samandarov, M.Mu'minov, N. Shermatov. - Dushanbe: Education, 1992. - 192 c .
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.
3. Nalimov V.V. Application of mathematical statistics in the analysis of substance / V.V. Nalimov. - Moscow: Fizmatgiz, 1960 .-- 430 p.
4. Odinaev R.N. Optimizatsionī methods in such issues: educational media / R.N.Odinaev, Farruxşoh Raimzoda. Farahnoz.Raimzoda, N. Shermatov. - Dushanbe:-graph, 2020. - 147 p.
5. Zachs L. Statistical estimation / L. Zaks. - M .: Statistics, 1976 .-- 598 p. 7.
6. Draper N. Applied regression analysis. Book 1 / N. Draper, G. Smith. - M .: Finance and statistics, 1998. - 336s; Book 2. 1987.- 351 p.
7. Gaporov A.B. Collection of examples and problems of the Olympiad in mathematics and programming / A.B. B. Khaforov., A. CHAS. Mirzoev., G. M. Kodirov. - Dushanbe, 2016 .-- 146 p.
8. Kultin N.B. C ++ Builder in examples.-SPb.: BHV-Petersburg, 2005. 10. A. Ya. Arkhangelskiy, MA Tagin "C ++ Builder 6 and 2006" ed Binom. 2007-1185s.
9. Borovsky, A. C ++ and Pascal in Kylix 3. Development of Internet applications and DBMS / A. Borovsky. - M .: BHV-Petersburg, 2014 .-- 544 p.
10. Walpa Oleg Borland C ++ Builder. Express course (+ CD) / Oleg Valpa. - M .: BHV-Petersburg, 2012 .- 224 p.
11. McKee Alex. An Introduction to .NET 4.0 and Visual Studio 2010 for Professionals / Alex McKee. - M .: Williams, 2014 .- - 416 p.
12. Holstein E.G., Yudin D.B. New directions in linear programming / E.G. Golshtein, D.B. Yudin. - Moscow: Sov.radio, 1992 .- 527s.
13. Danzig J. Linear programming, its generalizations and applications / J. Danzig. - M .: Progress, 1966 .-- 602 p.

АЛГОРИТМҲОИ ТАШАККУЛИ ТАҚСИМОТИ СТАТИСТИКИИ ИНТИХОБ

Қонунҳои тақсимот, ба монанди қонунҳои нормалӣ, мунтазам, нишондиҳандагӣ, биномиалӣ, Пуассон, геометрӣ, логарифмӣ, Паскал, Симпсон, χ^2, Вейбулл-Гнеденко, Коши, Максвелл, Релей, Пирсон ва Накагами – ягон раванди муайянро дар илмҳои табиатшиносӣ ифода менамоянд. Баҳодиҳии параметрҳои номаълуми қонунҳои тақсимот ва ададҳои тавсифии номаълум, инчунин, тадқиқи вобастагиҳои коррелятсионӣ, тафтиши гипотезаҳои статистикӣ ва моделсозии математикӣ ҳамон масъалаҳоеанд, ки дар статистикаи математикӣ омӯхта мешаванд. Мақола дар асоси вобастагиҳои хаттӣ, параболикӣ ва гиперболикӣ алгоритмҳои ташаккули тақсимоти статистикии аз ҷамъи генералӣ пешниҳод шуда, алгоритмҳо сохта шудаанд. Онҳо дар намуди матнӣ-формулавӣ, инчунин блок-схема ва коди барнома дар забони C++ оварда шудааст.

Калидвожаҳо: алгоритм, тақсимот, статистикӣ, параметр, параболикӣ, гиперболикӣ, барнома.

АЛГОРИТМ ОБРАЗОВАНИЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫБОРКИ

Законы распределения такие как нормальный, равномерный, показательный, биномиальный, Пуассона, геометрический, логарифмический, Паскала, Симпсона, χ^2, Вейбулл-Гнеденко, Коши, Максвелла, Релей, Пирсона и Накагами - выражают определённые процессы в естественных науках. Оценки неизвестных параметров в законах распределения и неизвестных числовых характеристиках, а также исследования корреляционных зависимостей, проверка статических гипотез и математическое моделирование изучаются в математической статистике. В статье на основе линейной, параболической и гиперболической зависимостях предложены алгоритмы образования статистических распределений в выборах из генеральной совокупности. Разработанныее алгоритмы в виде текста-формулы, а также блок-схемы и кода программирования на языке C++.

Ключевые слова: алгоритм, распределение, статистический, параметр, параболический, гиперболический, программа.

ALGORITHM FOR GENERATING A STATISTICAL SAMPLE DISTRIBUTION

Distribution laws such as normal, uniform, exponential, binomial, Poisson, geometric, logarithmic, Pascal, Simpson, Weibull-Gnedenko, Cauchy, Maxwell, Rayleigh, Pearson, and Nakagami express certain processes in the natural sciences. Estimates of unknown parameters in the laws of distribution and unknown numerical characteristics, as well as studies of correlation dependencies, testing of static hypotheses and mathematical modeling are studied in mathematical statistics. In the article, on the basis of linear, parabolic and hyperbolic dependence, algorithms for the formation of statistical distributions in elections from the general population are proposed. Algorithms have been developed in the form of text formulas, as well as flowcharts and programming code in C++.

Keywords: algorithm, distribution, statistical, parameter, parabolic, hyperbolic, program.

Маълумот дар бораи муаллифон: ***Шерматов Нурмаҳмад*** – доктори илмҳои техникӣ, профессори кафедраи математикаи ҳисоббарорӣ ва механикаи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Телефон: (+992) 904-02-73-07.
Ғафоров Алишер Бобобекович – ассистенти кафедраи моделсозии математикӣ ва компютерии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Телефон: (+992) 900-76-66-03,E-mail: alisher_gaforov@mail.ru.

Сведения об авторах: ***Шерматов Нурмахмад*** – доктор технических наук, профессор кафедры вычислительной математики и механики Таджикского национального университета. Телефон: (+992) 904-02-73-07.
Гафоров Алишер Бобобекович – ассистент кафедры математического и компьютерного моделирования Таджикского национального университета. Телефон: (+992) **900-76-66-03**, E-mail: alisher_gaforov@mail.ru.

Information about the authors: ***Shermatov Nurmahmad*** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Computational Mathematics and Mechanics of the Tajik National University. Phone: (+992) 904-02-73-07.
Gaforov Alisher Bobobekovich – Assistant of the Department of Mathematical and Computer Modeling of the Tajik National University. Phone: (+992) 900-76-66-03, E-mail: alisher_gaforov@mail.ru.

УДК: 519.6 (0.75.8)

ТАҲЛИЛИ РЕГРЕССИОНИИ ТАНЗИМИ АНЪАНА ВА ҶАШНУ МАРОСИМҲО ДАР ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН

Одинаев Р.Н., Ҳакимиён С.
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Бо мақсади ба низом даровардани ҷашну маъракаҳо Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон "Дар бораи танзими анъана ва ҷашну маросим дар Ҷумҳурии Тоҷикистон" аз тарафи Асосгузори сулҳу ваҳдати миллӣ-Пешвои миллат, Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон, муҳтарам Эмомалӣ Раҳмон аз 8 июни соли 2007, № 272 ба тавсиб расидааст. Қабл аз қабули ин Қонун, ҷашну маросимҳои миллӣ бо хароҷотҳои зиёд ва исрофкорӣ гузаронида мешуданд, ки вазъият боиси нигаронӣ буд.

Асоси қабули қонун - ин ҳимояи манфиатҳои иҷтимоӣ ва яке аз омилҳои асосие, ки шаҳрванд ба он ниёз доранд - ин баланд бардоштани сатҳи зиндагии хеш мебошад. Барои баҳо додан, ки ин омил натиҷаи хуб додааст, ҷамъбасти ҷашну маъракаҳоро дар ҷумҳурӣ аз даврои қабули қонун то соли 2017 мавриди назар менамоем.

Агар ба маълумоти омории Кумитаи дин, танзими анъана ва ҷашну маросими назди Ҳукумати ҶТ назар афканем, дастовардҳои қонуни мазкурро боз ҳам хубтар дарк мекунем. Масалан, қабл аз қабули қонун бо назардошти сангинии хароҷоти он на ҳама имкон доштанд, ки тӯйҳои домодиву арӯсиро бе гирифтани қарз баргузор намоянд. Тибқи маълумотномаи Бонки милоӣ солҳои охир бо мақсади баргузории тӯйи домодиву арӯсӣ гирифтани қарз ба мушоҳида нарасида, бақияи пасандозҳои шахсони воқеӣ дар ташкилотҳои қарзӣ санаи 1 ноябри соли 2017 **4859,2 млн**. сомониро (**1620,5 млн**. сомонӣ бо пули миллӣ ва **3239,0 млн**. бо асъори хориҷӣ) ташкил кард. Аз рӯзи қабул шудани қонуни мазкур, теъдоди тӯйҳои домодиву арӯсӣ ба тадриҷ зиёд гардидаанд. Агар дар соли **2007** дар ҷумҳурӣ **58426** адад тӯйи домодиву арӯсӣ ба қайд гирифта шуда бошад, соли 2017, алл акай, **94232** ададро ташкил додааст.

Агар хароҷоти як маъракаи хатнасур ба ҳисоби миёна тақрибан **3245** сомонӣ ва хароҷоти умумии ин маъракаҳо тақрибан **21 786 930** сомониро ташкил медоданд, баъди қабули қонун хароҷоти як маъракаи хатнасур тахминан **900** сомониро ташкил намуда, дар маҷмӯъ, барои баргузории **6714** маъракаи хатнасур, маблағи **6 042 600** сомонӣ харҷ гаштааст. Маблағҳои сарфагардида танҳо аз мамин ҳисоб **15 744 330** сомониро ташкил менамояд.

Ҳамчунин, қайд кардан ба маврид аст, ки қабл аз тағйиру иловаҳо ба қонун барои **31910** маъракаи чилу соли майит хароҷоти умумӣ дар як сол **103 миллиону 547 ҳазору 950** сомонӣ харҷ мегардид, ки ин миқдор маблағ баъди тағйиру иловаҳо, яъне бе додани таом баргузор намудани маъракаҳои азодорӣ ба манфиати буҷаи хонаводаҳо боқӣ монд.

Дар даврои пеш аз қабули Қонун дар баргузории 52 маъракаи манъгардидаи ҷумъагӣ дар як сол беш аз **6 миллиарду 682 млн 378 ҳазор сомонӣ** (ба ҳисоби миёна дар як маърака тақрибан 880 сомонӣ) зарур меомад. Баъди ворид шудани тағйирот ба Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон «Дар бораи танзими анъана ва ҷашну маросим дар Ҷумҳурии Тоҷикистон» маъракаи хатнасур дар доираи оила ва маросими чилу сол бе додани таом, сарфаи шаҳрвандон боз ҳам зиёдтар шуд. Иловатан, агар ба ин маблағҳои сарфагардида ба ҳисоби миёна ҷашни зодрӯзро илова кунем, тақрибан барои 4 млн нафар аҳолӣ солона тахминан 880 сомонӣ сарф мегардид, ки дар маҷмӯъ **3 миллиарду 520 миллион** сомониро ташкил медод. Аз байн рафтани маъракаи ҷумъагӣ ва ҷашни зодрӯз ва маҳдуд гардидани он дар доираи оила аз ин ҳисоб**11 миллиарду 940 миллиону 715 ҳазор сомонӣ** ба манфиати шаҳрвандони ҷумҳурӣ сарфа гардид. Агар маблағҳои сарфагардидаи маъракаҳои асосиро дар зарфи амали Қонун ба ин ҳисоб зам намоем (дар **1 миллиону 529 ҳазору 647** маърака беш аз **4 миллиарду 963 миллиону 696 ҳазор сомонӣ** харҷ гардида, беш аз **8 миллиарду 420 миллиону 715 ҳазор сомонӣ** сарфа шудааст), пас, маблағи сарфашуда бо дарназардошти маҳдуд гардидани маъракаҳои

оилавӣ (хатнасур, арӯсбинон, домодталбон ва ғайра) беш аз **20 миллиарду 361 миллион 430 ҳазор сомониро** ташкил медиҳад.

Ҷамъбасти ҷашну маъракаҳо дар ҷумҳурӣ аз давраи қабули Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон «Дар бораи танзими анъана ва ҷашну маросим дар Ҷумҳуриитоҷикистон» дар солҳои 2008- 2017 дар Ҷадвали 1 пешниҳод мешавад (маълумоти оморӣ аз Кумитаи дин, танзими анъана ва ҷашну маросими назди Ҳукумати ҶТ).

Ҷадвали 1.
Таблица 1.
Table 1.

/т	Солҳо	Хатнасур	Хатнасури хайриявӣ	Тӯйи домодию арусӣ	Тӯйи домодию арусии хайриявӣ	Маросими чил	Маросими сол	Шумораи чорво		Қонунӣ иканӣ	Теъдоди маъракаҳо	Харочот и умумӣ (ба ҳисоби сомонӣ)
								Чорвои калон	Чорвои хурд			
	2008	7296		5714		6682	0198	5271	64337	72	39890	407874783
	2009	7929	90	5295	33	7472	3931	4686	72792	21	44627	415857937
	2010	2701	721	5039	89	8197	4564	4730	79980	57	50501	399820072
	2011	9122	8356	9823	93	7723	4173	1251	67558	38	30841	361974796
	2012	3303	1725	6039	020	8729	5255	2786	88421	27	53326	462168369
	2013	4475	4087	9533	17	8602	5841	4965	89774	94	58451	529663597
	2014	4519	1043	9583	07	8042	4678	3669	91441	67	56822	569808403
	2015	1639	941	3444	55	7087	4967	2374	79827	62	37135	537514911
	2016	3285	903	1356	72	7531	5418	3280	71219	67	37590	511353121
0	2017	3970	808	4232	59	3157	0176	2835	62916	68	31535	528712248
		22900	7974	78484	145	82232	46031	45165	808439	164	529645	4963696237

Барои баҳодиҳии устувории Қонун дар баланд бардоштани сатҳи зиндагии мардум ва ҷашну маъракаҳо бо хароҷоти онҳо, ки дар Ҷумҳурии Тоҷикистон аз соли 2008 то 2017 ба қайд гирифта шудаанд, формулаи эмпирикии зерин тавсиф дода мешавад, яъне муодилаи хаттии регрессияи бузургии y аз бузургии xҳосил карда мешавад[1-15], яъне $\bar{y}_x = a + bx$. (1)

Дар ин ҷо x–теъдоди маъракаҳои қайдшуда, y–хароҷоти маъракаҳо, ки аз x вобаста аст, a ва b параметрҳои регрессияи хаттӣ, ки онҳоро муайян кардан лозим аст. Методи универсалии ёфтани параметрҳо дар формулаҳои эмпирикӣ, методи квадратҳои хурдтарин мебошад. Ин ҷо параметрҳои a ва b–ро тавре мегирем, ки суммаи квадратҳои фарқи зерин минималӣ гардад:

$$F(a,b) = \sum_{i=1}^{n}(a + bx_i - y_i)^2 \to min.$$ (2)

Барои иҷрои ин шарт, ҳосилаҳои хусусии (2)-ро нисбат ба параметрҳои a ва b гирифта шуда, онҳо ба сифр баробар карда шуданд:

$$\begin{cases} \left(\sum_{i=1}^{n} x_i^2\right)a + \left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)b = \sum_{i=1}^{n} x_i y_i, \\ \left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)a + nb = \sum_{i=1}^{n} y_i. \end{cases} \quad (3)$$

Барои ёфтани параметрҳои номаълум *a* ва *b* ҷадвали ёрирасони зеринро тартиб медиҳем.

Ҷадвали 2.
Таблица 2.
Table 2.

x	y	x^2	y^2	$x * y$
139890	407874783	19569212100	1.663618386073E+17	57057603393870
144627	415857937	20916969129	1.729378237659E+17	60144285854499
150501	399820072	22650551001	1.5985608997409E+17	60173320656072
130841	361974796	17119367281	1.3102575293924E+17	47361144283436
153326	462168369	23508862276	2.1359960130412E+17	70862427345294
158451	529663597	25106719401	2.8054352598698E+17	83925726608247
156822	569808403	24593139684	3.2468161612941E+17	89358493375266
137135	537514911	18806008225	2.8892227954734E+17	73712107319985
137590	511353121	18931008100	2.6148201435644E+17	70357075918390
131535	528712248	17301456225	2.7953664118521E+17	69544165540680
1440718	4724748237	208503293422	2.278947183796E+18	6.8249635029574E+14

Қиматҳои суммаҳоро ба системаи (3) гузошта, чунин системаро ҳосил менамоем:

$$\begin{cases} 10a + 1440718b = 4724748237, \\ 1440718a + 208503293422b = 6.8249635029574E + 14. \end{cases}$$

Системаро ҳал карда, параметрҳои

$b = 1915.0538, a = 196569569.0825$ ва муодилаи регрессия бароварда шуд

$y = 196569569.0825 + 1915.0538\,x.$

Барои ёфтани фоизи тамоюли байни нуқтаҳои таҷрибавӣ ва ҳисобӣ, аз ифодаи зерин истифода кардаем

$$(y_{ҳисобӣ} - y_{таҷрибавӣ}) \cdot \frac{100\%}{y_{таҷрибавӣ}}$$

Барои ин ҷадвали зерин тартиб дода шуд:

Ҷадвали 3.
Таблица 3.
Table 3.

	y_i	x_i	x_i^2	$x_i \cdot y_i$	$y_i(\text{ҳисобӣ})$	Фоизҳои тамоил
	407874783	139890	19569212100	5,70576E+13	464466451,5	0,1387
	415857937	144627	20916969129	6,01443E+13	473538061,6	0,1387
	399820072	150501	22650551001	6,01733E+13	484787087,9	0,2125
	361974796	130841	17119367281	4,73611E+13	447137129,3	0,2353
	462168369	153326	23508862276	7,08624E+13	490197115	0,0606
	529663597	158451	25106719401	8,39257E+13	500011766	-0,0560
	569808403	156822	24593139684	8,93585E+13	496892143,2	-0,1280
	537514911	137135	18806008225	7,37121E+13	459190478,2	-0,1457
	511353121	137590	18931008100	7,03571E+13	460061827,7	-0,1003
0	528712248	131535	17301456225	6,95442E+13	448466176,6	-0,1518
	4724748237	**1440718**	**2,08503E+11**	**6,82496E+14**		

Аз ахбори сутуни чоруми ҷадвали боло фоизи миёнаи тамоюлро меёбем:

$$\Phi_{MT} = \frac{1}{10}[|0{,}1387| + |0{,}1387| + |0{,}2125| + |0{,}2353| + |0{,}0606| + |-5{,}60|] +$$
$$+|-0{,}1280| + |-0{,}1457| + |-0{,}1003| + |-0{,}1518| =$$
$$= \frac{1}{10} \cdot 1{,}367626 = 0{,}13676$$

Барои дах нуқтаи таҷрибавӣ фоизи миёнаи тамоюл тақрибан 0,14% -ро ташкил дод, ки он хело наздик будани хатти регрессияро ба нуқтаҳои таҷрибавӣ нишон медиҳад.

Ҳангоми зуд баровардани формулаи эмпирикӣ,ҳангоми на он қадар калон будани миқдори нуқтаҳо (x_i, y_i), ёфтани параметрҳои номаълум бо усули нуқтаҳои интихобшуда зарур аст. Ин ҷо параметрҳои a ва b дар муодилаи (1) координатаҳои ду нуқтаи дар ибтидо (139890; 407874783) ва интиҳои хат (131535; 528712248) гирифта шуда, ба муодилаи (1) гузошта мешавад

$$\begin{cases} a + 139890 \cdot b = 407874783, \\ a + 131535 \cdot b = 528712248. \end{cases}$$

Системаро бо осонӣ ҳал карда, параметрҳои a ва b- ро меёбем:

$$a = 2431088784{,}06; \qquad b = -14462{,}89.$$

Ҳамин тавр, чунин муодила ҳосил гардид:

$$y = 2431088784{,}06 - 14462{,}89x. \qquad (4)$$

Қиматҳои y_i, ки аз рӯи формулаи (4) бо гузориши қиматҳои x_i-и таҷрибавӣ ҳисоб карда шудааст, инчунин фоизҳои тамоил дар ҷадвали 4 оварда шудааст.

Ҷадвали 4.
Таблица 4.
Table 4.

№	y_i	x_i	$y_i(ҳисобӣ)$	Фоизҳои тамоюл
1	407874783	139890	407875102	7,82005E-07
2	415857937	144627	339364392	-0,1839
3	399820072	150501	254409376,2	-0,3637
4	361974796	130841	538749793,6	0,4884
5	462168369	153326	213551711,9	-0,5379
6	529663597	158451	139429400,7	-0,7368
7	569808403	156822	162989448,5	-0,7140
8	537514911	137135	447720363,9	-0,1671
9	511353121	137590	441139749	-0,1373
10	528712248	131535	528712547,9	5,67246E-07

$$\Phi_{MT} = \frac{1}{10}[|7{,}82005E-07| + |-0{,}1839| + |-0{,}3637| + |0{,}4884| + |-0{,}5379| +$$
$$+ |-0{,}7368| + |-0{,}7140| + |-0{,}1671| + |-0{,}1373| + |5{,}67246E-07|] =$$
$$= \frac{1}{10} \cdot 3{,}32\ 9 = 0{,}3329$$

Бояд қайд намуд, ки барои ёфтани параметрҳои номаълум дар муодилаи регрессия (1) боз усулҳои миёнаҳо ва номографӣ арзи вуҷуд доранд.Дар усули миёнаҳо координатаҳои нуқтаҳои дар ҷадвали 1 овардашударо ба муодила гузошта, муодилаҳои ҳосилшударо бо ду гурӯҳ ҷудо менамоем.

Гурӯҳи I :

$$a + 139890 \cdot b = 40787478$$
$$a + 144627 \cdot b = 415857937$$
$$a + 150501 \cdot b = 399820072$$
$$a + 130841 \cdot b = 361974796$$
$$a + 153326 \cdot b = 462168369$$
$$5a + 719185 \cdot b = 2047695957$$

Гурӯҳи II :

$$a + 158451 \cdot b = 529663597$$
$$a + 156822 \cdot b = 569808403$$
$$a + 137135 \cdot b = 537514911$$
$$a + 137590 \cdot b = 511353121$$
$$a + 131535 \cdot b = 528712248$$
$$5a + 721533 \cdot b = 2677052280$$

Пас, системаи зеринро тартиб медиҳем :

$$\begin{cases} 5a + 719185 \cdot b = 2047695957, \\ 5a + 721533 \cdot b = 2677052280. \end{cases}$$

Онро ҳал карда, a ва b - ро меёбем:

$$a = -38144432457{,}39; \qquad b = 268039{,}32.$$

Он гоҳ формулаи эмпирикӣ чунин ифода меёбад:

$$y = -38144432457{,}39 + 268039{,}32 \cdot x$$

Барои ёфтани фоизи миёнаи тамоюл бо ин усул, ҷадвали ёрирасони зеринро тартиб медиҳем:

Ҷадвали 5.
Таблица 5.
Table 5.

№	y_i	x_i	$y_i(ҳисобӣ)$	Фоизҳои тамоил
1	407874783	139890,00	-648411982,6	-2,58973
2	415857937	144627,00	621290276,3	0,4939964

3	399820072	150501,00	2195753242	4,491853
4	361974796	130841,00	-3073899789	-9,49203
5	462168369	153326,00	2952964321	5,389369
6	529663597	158451,00	4326665836	7,168705
7	569808403	156822,00	3890029784	5,826908
8	537514911	137135,00	-1386860309	-3,58013
9	511353121	137590,00	-1264902419	-3,47364
10	528712248	131535,00	-2887880501	-6,4621

Он гоҳ,

$$\Phi_{MT} = \frac{1}{10}[|-2{,}58973| + |0{,}4939964| + |4{,}491853| + |-9{,}49203| + |5{,}389369| + |7{,}168705| + |5{,}826908| + |-3{,}58013| + |-3{,}47364| + |-6{,}4621|] = \frac{1}{10} \cdot 48{,}96847 = 4{,}8968.$$

Коэффитсиентҳои эмпирикии регрессияи a ва b танҳо баҳои коэффитсиентҳои назариявӣ β_i мебошанд ва муодила худ танҳо тамоюли умумии рафтори тағйирёбандаҳои баррасишавандаро инъикос мекунад.

Параметрҳои муодилаи регрессия

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{1440718}{10} = 144071{,}8\,,$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n} = \frac{4724748237}{10} = 472474823{,}7\,,$$

$$\overline{xy} = \frac{\sum x_i y_i}{n} = \frac{6{,}8249635029574E+14}{10} = 68249635029574.$$

Дисперсияи интихобӣ:

$$S^2(x) = \frac{\sum x_i^2}{n} - \bar{x}^2 = \frac{208503293422}{10} - 144071{,}8^2 = 93645786{,}96.$$

Тамоюли миёнаи квадратӣ:

$$S(x) = \sqrt{S^2(x)} = \sqrt{93645786{,}96} = 9677{,}075$$

$$S(x) = \sqrt{S^2(y)} = \sqrt{4{,}662259349256E+15} = 68280739{,}226$$

Коэффитсиенти таносуби b-ро бидуни ҳалли мустақими система бо формула ёфтан мумкин аст:

$$b = \frac{\overline{x \cdot y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{S^2(x)} = \frac{68249635029574 - 144071{,}8 \cdot 472474823{,}7}{93645786{,}96} = 1915{,}0538\,,$$

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x} = 472474823{,}7 - 1915{,}0538 \cdot 144071{,}8 = 196569569{,}0825\,.$$

Коэффитсиенти таносуб.

Ковариатсия

$$cov(x, y) = \overline{x \cdot y} - \bar{x} \cdot \bar{y} = 68249635029574 - 144071{,}8 \cdot 472474823{,}7 == 179336724432{,}24$$

Акнун нишондиҳандаи наздикии алоқаро ҳисоб мекунем. Ин нишондиҳанда, коэффитсиенти интихобии хаттӣ мебошад, ки бо формулаи зерин ҳисоб карда мешавад:

Коэффитсиенти хаттии таносуб қимат аз -1 то +1-ро қабул мекунад.

Пайвастагиҳои байни аломатҳо метавонанд суст ва қавӣ (наздик) бошанд:

$0.1 < r_{xy} < 0.3$: суст;

$0.3 < r_{xy} < 0.5$: мӯътабил;

$0.5 < r_{xy} < 0.7$: назаррас;

0.7 <r_{xy}< 0.9: баланд;
0.9 <r_{xy}< 1: хело баланд.
Дар мисоли мо, муносибати байни аломатҳои *y* ва омили *x* буда, хатти рост мебошад.

Ғайр аз он, коэффитсиенти хаттии таносуби ҷуфтшударо тавассути коэффитсиенти регрессии *b* муайян кардан мумкин аст:

$$r_{x,y} = b \cdot \frac{S(x)}{S(y)} = 1915{,}054\,\frac{9677{,}075}{68280739{,}226} = 0{,}271$$

Вобастагии *y* аз *x* омӯхта шуд. Дар марҳилаи мушаххаскунӣ, регрессияи хаттии ҷуфтшуда интихоб карда шуд. Хусусиятҳои он бо усули хурдтарини чоркунҷа ҳисоб карда шудаанд. Тафсири иқтисодии хусусиятҳои модел имконпазир аст – афзоиши *x* ба 1 воҳиди ченак боиси афзоиши *y* ба ҳисоби миёна 1915.054 адад мегардад. Саҳеҳии *y* аз *x* хеле паст аст, аз ин лиҳоз, мо усули регрессияи полиномиалии дараҷаи 5-ро истифода мебарем, то натиҷаи хуб ба даст орем. Барои баҳо додани ин усул аз барномаҳои компютерӣ истифода бурда, графики регрессияи полиномиалии дараҷаи 5-ро месозем.

Рас.1. Графики регрессияи полиномиалии дараҷаи 5.
Рис. 1. График полиномиальной регрессии 5-й степени.
Fig. 1. Plot of 5th degree polynomial regression.

Барои регрессияи полиномиалии дараҷаи 5-ро ҳосил кардан, аз усулҳое, ки дар боло қайд шудаанд, истифода мебарем. Муодилаи регрессия чунин натиҷа медиҳад :

$$y = 7\text{E-}13\,x^{5} - 6\text{E-}07\,x^{4} + 0{,}1633x^{3} - 24134x^{2} + 2\text{E+}09x - 5E\text{+}13$$

$$R^{2} = 0,\ 7429$$

Аз инҷо бармеояд, ки регрессияи полиномиалии дараҷаи 5, яъне вобастагии *y* аз *x*, саҳеҳии баланд дорад.

АДАБИЁТ

1. Шерматов Н. Қонунҳои тақсимот ва тавсифи онҳо / Н.Шерматов, Р.Н. Одинаев // Паёми ДМТ (Бахши илмҳои табиӣ),- 2019. № 2. – С.33-40.
2. Амонуллоев А. Омори математикӣ / А. Амонуллоев, Н.Шерматов. – Душанбе: Сино, 2001. – 624 с.
3. Шерматов Н.Интихоби параметрҳо дар вобастагиҳои эмпирикӣ / Н.Шерматов, Х.Н. Қурбонов. - Душанбе: Дақиқӣ, 2015. – 142 с.
4. Шерматов Н. Асосҳои таҳлили регрессионӣ / Н.Шерматов, Р.Н.Одинаев, Қ.С. Шакарбеков. -Душанбе: Эр–граф, 2019. – 68 с.
5. Максимов Ю.Д. Математика. Теория и практика по математической статистике. Конспект-справочник по теории вероятностей.: Учеб.пособие / Ю.Д. Максимов. – СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2009. – 395 с.
6. Ниворожкина Л.И.. Математическая статистика с элементами теории вероятностей в задачах и решениях: Учебное пособие / Л.И.Ниворожкина, З.А. Морозова. – М, 2005. – 608 с.
7. Рудакова Р.П. Статистика. 2-е изд / Р.П. Рудакова, Л.Л.Букин, В.И. Гаврилов. – СПб. Питер, 2007. – 288 с
8. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учебник для вузов/ Е.С. Вентцель. 10-е изд., стереотип. – М.: Высшая школа, 2005. - 576 с.
9. Письменный Д.Т. Конспект лекций по теории вероятностей, математической статистике и случайным процессам/ Д.Т. Письменный. – М.: Айрис-Пресс, 2006. – 287 с.

10. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика/ Учебное пособие для вузов/ В.Е. Гмурман.– М.: Высшая школа, 2003. – 480 с.
11. Пугачев В.С. Теория вероятностей и математическая статистика/ В.С.Пугачев. – М.: Физматлит, 2002. – 496 с.
12. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: учебное пособие для вузов/ В.Е. Гмурман. 7-е изд., доп. – М.: Высшая школа, 2003. – 406 с.
13. Вентцель Е.С. Задачи и упражнения по теории вероятностей: Учебное пособие для втузов/ Е.С. Вентцель. - 3-е изд / Овчаров Л.А. стереотип. – М.: Академия. –2005. – 439 с.
14. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика/ В.Е. Гмурман. М.: Высшая школа, – 2001. – 479 с.
15. Методические указания по курсу: Теория вероятностей. Ч.1 – Казань: Изд-во Казанского государственного университета, 2008. – 48с.

REFERENCES LITERATURE

1. Shermatov N. distribution laws and their descriptions / N. Shermatov, R.N. Odinaev // TNU bulletin (natural sciences), 2019. - No. 2. - C.33-40.
2. Amonulloev A. Statistical Mathematics / A. Amonulloev, N. Shermatov. - Dushanbe: Sinai, 2001 - 624 s.
3. Shermatov N. Selection of parameters in correlation empirikӣ / N. Shermatov, X.N. Kurbonov. - Dushanbe: Daқiқӣ, 2015. - 142 p.
4. Shermatov N. Fundamentals regressionӣ / N. Shermatov analysis, R.N.Odinaev, Maybe Shakarвekov. Dushanbe: Eure-graph, 2019. - 68 c.
5. Maksimov Yu.D. Maths. Theory and practice in mathematical statistics. Abstract-handbook on the theory of probability: Textbook / Yu.D. Maximov. - SPb .: Publishing house of the Polytechnic University, 2009 .- 395 p.
6. Nivorozhkina LI. Mathematical statistics with elements of probability theory in problems and solutions: Textbook / LI Nivorozhkina, Z.A. Morozov. - M, 2005 .- 608 p.
7. Rudakova R.P. Statistics. 2nd ed / R.P. Rudakova, L.L. Bukin, V.I. Gavrilov. - SPb. Peter, 2007 .- 288 p.
8. Wentzel E.S. Probability theory: Textbook for universities / E.S. Wentzel. 10th ed., Stereotype. - M .: Higher school, 2005 .- 576 p.
9. Written D.T. Lecture notes on probability theory, mathematical statistics and random processes / D.T. Writing. - M .: Ayris-Press, 2006 .- 287 p.
10. Gmurman V.E. Probability theory and mathematical statistics / Textbook for universities / V.E. Gmurman. - M .: Higher school, 2003. - 480 p.
11. Pugachev B.C. Probability theory and mathematical statistics / B.C. Pugachev. - Moscow: Fizmatlit, 2002 .- 496 p.
12. Gmurman V.E. Guide to solving problems in the theory of probability and mathematical statistics: a textbook for universities / V.E. Gmurman. 7th ed., Add. - M .: Higher school, 2003 .- 406 p.
13. Wentzel E.S. Probability theory tasks and exercises: Textbook for technical colleges / E.S. Wentzel. - 3rd ed. / L.A. Ovcharov stereotype. - M .: Academy. –2005. - 439 p.
14. Gmurman V.E. Probability theory and mathematical statistics / V.E. Gmurman. M .: Higher school, - 2001 .- 479 p.
15. Methodological instructions for the course: Probability theory. Part 1 - Kazan: Publishing house of Kazan State University, 2008. - 48p.

ТАҲЛИЛИ РЕГРЕССИОНИИ ТАНЗИМИ АНЪАНА ВА ҶАШНУ МАРОСИМҲО ДАР ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН

Асоси қабули қонун«Дар бораи танзими анъана ва ташну маросим дар Ҷумҳурии Тоҷикистон», пеш аз ҳама, ҳимояи манфиатҳои иҷтимоӣ ва яке аз омилҳои асосие мебошад, ки шахрванд ба он ниёз доранд. Қонун барои баланд бардоштани сатҳи зиндагии шахрвандон равона шудааст ва дар мақола натиҷаи хуби татбиқи ин қонун ва ҷамъбасти ҷашну маъракаҳоро дар ҷумҳурӣ аз давраи қабули қонун то соли 2017 ташкил шуда мавриди баррасӣ қарор дода шудааст. Қонуни мазкур бисёр бамаврид қабул шуда, баҳри сарфа намудани буҷаи хонаводагӣ бисёр кумак намудааст. Дар мақола барои баҳодиҳии устувории қонуни номбаршуда дар баланд бардоштани сатҳи зиндагии мардум ва ҷашну маъракаҳо бо хароҷоти онҳо, ки дар Ҷумҳурии Тоҷикистон аз соли 2008 то 2017 ба қайд гирифта шудаанд, формулаи эмпирикии тавсиф дода шуда, муодилаи хаттии регрессияи бузургии y аз бузургии x ҳосил карда шудааст.

Калидвожаҳо: формулаи эмпирикӣ, муодилаи хаттии регрессия, барномаҳои компютерӣ, коэффитсиенти регрессия, тамоили миёнаи квадратӣ,дисперсия, параметрҳои номаълум,регрессияиполиномиалӣ, номография, методи квадратҳои хурдтарин.

РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗУПОРЯДОЧИВАНИЯ ТРАДИЦИЙ, ТОРЖЕСТВ И ОБРЯДОВ В РЕСПУБЛИКЕ ТАДЖИКИСТАН

Защита социальных интересов населения, а также один из основных факторов, к которому остро нуждаются граждане для повышения уровня собственной жизни, послужили основой для принятия Закона Республики Таджикистан «Об упорядочении традиций, торжеств и обрядов в Республике Таджикистан». В целях оценки результатов упомянутого фактора были рассмотрены итоги торжеств и обрядов в период со дня принятия закона до 2017 года. Указанный закон был принят своевременно, и его цели достигаются общими усилиями общества. Со времени принятия закона до сегодняшнего дня в целях реализации положений закона были достигнуты определенные успехи, закон уверенно выполняет свои цели и задачи. В настоящей статье оценивается устойчивость упомянутого закона в жизни общества, также дается оценка ее влияния в повышении уровня жизни населения, и расходов по проведению обрядов и торжеств в период с 2008 по 2017 годы.Приводятся характеристика эмпирической формулы,для которого была выбрана парная линейная регрессия, а так же изучена зависимость y отx.

Ключевые слова: эмпирическая формула, линейное уравнение регрессии, компьютерные программы, коэффициент регрессии, среднеквадратическое отклонение, дисперсия, неизвестные параметры, полиноминальная регрессия, номография, метод наименьших квадратов.

REGRESSIONAL ANALYSIS OF THE STREAMLINING OF TRADITIONS, CELEBRATIONS AND RITES IN THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

Protection of the social interests of the population, as well as one of the main factors that citizens desperately need to improve their own living standards, served as the basis for the adoption of the Law of the Republic of Tajikistan "About streamlining of traditions, celebrations and ceremonies in the Republic of Tajikistan ". In order to assess the results of the mentioned factor, the results of the celebrations and ceremonies in the period from the date of the adoption of the law to 2017 were considered. This law was adopted in a timely manner, and its goals are achieved through the common efforts of society. Since the adoption of the law to the present day, in order to implement the provisions of the law, certain successes have been achieved the law confidently fulfills its goals and objectives. This article assesses the sustainability of the above law in the life of society, also evaluates its impact in improving the living standards of the population, and the costs of holding ceremonies and celebrations in the period from 2008 to 2017. The characteristic of the empirical formula is given, for which the paired linear regression was chosen, as well as the dependence of y on x is studied.

Keywords: empirical formula, linear regression equation, computer programs, regression coefficient, standard deviation, variance, unknown parameters, polynomial regression, nomography, least squares method.

Маълумот дар бораи муаллифон: ***Одинаев Раим Назарович*** – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, доктори илмҳои физикаю математика, профессор, декани факултети механикаю математика. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17.Телефон: 919-23-02-50; E-mail: raim_odinaev@mail.ru.
Ҳакимиён Сарвинаи Фармондухт – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, докторанти Ph.D-и кафедраи моделсозии математикӣ ва компютерӣ. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. Телефон: 933-27-04-04; E-mail: sarvina94@mail.ru.
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.Телефон: 919-23-02-50; E-mail: raim_odinaev@mail.ru.
Хакимиён Сарвинаи Фармондухт – Таджикский национальный университет, докторант Ph.D кафедры математического и компьютерного моделирования. Адрес: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. Телефон: 933-27-04-04; E-mail: sarvina94@mail.ru.

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. Phone: 919-23-02-50; E-mail: raim_odinaev@mail.ru.
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. Phone: 933-27-04-04; E-mail: sarvina94@mail.ru.

УДК 517.968.2

О РАЗРЕШИМОСТИ ОДНОГО КЛАССА СИНГУЛЯРНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ КОШИ ПО ЗАМКНУТОМУ КОНТУРУ

Джангибеков Г., Эшонкулов А.
Таджикского национального университета

1. Пусть Γ-простая замкнутая кривая Ляпунова комплексной плоскости. Рассмотрим следующее уравнение:

$$(Af)(t) \equiv a(t)f(t) + \frac{b(t)}{\pi i}\int_\Gamma \frac{f(\tau)}{\tau - t}d\tau + (Tf)(t) = g(t), \qquad (1)$$

где $a(t), b(t)$ – заданные на Γ непрерывные функции, g(t) – заданная $f(t)$ - неизвестная функция гильбертова пространства $L_2(\Gamma)$, T – вполне непрерывный оператор. Интеграл $(S_\Gamma f)(t)$ является сингулярным интегралом:

$$(S_\Gamma f)(t) = \frac{1}{\pi i}\int_\Gamma \frac{f(\tau)d\tau}{\tau - t}d\tau = \lim_{\varepsilon \to o}\frac{1}{\pi i}\int_{\Gamma_\varepsilon}\frac{f(\tau)d\tau}{\tau - t}d\tau, \quad t \in \Gamma$$

(предел понимается в смысле главного значения по Коши), где Γ_ε – обозначает контур круга с радиусом ε и центром в точке t.

Первые значительные результаты по разрешимости уравнении (1) в начале двадцатого века были получены Ф.Нетером [1], Т.Карлеманом [2] и Ф.Ж.Трикоми [3], [4]. Полная теория разрешимости одномерных сингулярных интегральных уравнений Коши в Гельдеровых пространствах $H_\alpha(\Gamma), 0 < \alpha < 1$ и пространствах Лебега $L_p(\Gamma), 1 < p < \infty$ построены в фундаментальных работах советских математиков Н.И.Мусхелишвили [5], С.Г.Михлина [6] Ф.Д.Гахова [7] и изложены в [5]:

Теорема 1. *Пусть для любых $t \in \Gamma$ выполняется условие $a^2(t) - b^2(t) \neq 0$.*

Тогда

1). *Однородное интегральное уравнение $(Af)(t) = 0$ (2) и соответствующее ему однородное сопряженное уравнение $(A^*\psi)(t) = a(t)\psi(t) + \frac{1}{\pi i}\int_\Gamma \overline{b(\tau)}\frac{\psi(\tau)}{\overline{\tau} - \overline{t}}d\overline{\tau} + (T'\psi)(t) = 0$ (3)*

в пространстве $L_2(\Gamma)$ могут иметь конечное число k (соответственно k') линейно независимых решений.

2). *Для разрешимости неоднородного уравнения*

$$(Af)(t) = g(t), \quad g(t) \in \Gamma (4)$$

в пространстве $L_2(\Gamma)$ необходимо и достаточно, чтобы $\int_\Gamma g(t)\psi_j(t)dt = 0, \quad j = 1,2,\dots k'$ для любого решения $\psi_j(t) \in L_2(\Gamma)$ сопряженного уравнения $(A^*\psi)(t) = 0$.

3). *Конечное число $\varkappa = k - k'$ называется индексом уравнения (1) и вычисляется по формуле* $\varkappa = \frac{1}{\pi}[arg\frac{a(t) - b(t)}{a(t) + b(t)}]_\Gamma$.

2. Данная работа посвящена исследованию более общего чем (1) сингулярного интегрального уравнения

$$(Af)(t) = a(t)f(t) + b(t)\overline{f(t)} + \frac{c(t)}{\pi i}\int_\Gamma \frac{f(\tau)}{\tau - t}d\tau - \frac{d(t)}{\pi i}\int_\Gamma \frac{\overline{f(\tau)}}{\overline{\tau} - \overline{t}}d\overline{\tau} + (Tf)(t) = g(t) \qquad (5)$$

в банаховых пространствах $L_p(\Gamma)(1 < p < \infty)$, где $a(t), b(t), c(t), d(t)$ – заданные непрерывные на Γ функции.

Уравнение (5) впервые рассмотрено Л.Г.Михайловым [8] (см. также [9]) в связи с изучением некоторых краевых задач для обобщенных аналитических функций. Указанный

автор, в предположении, что коэффициенты уравнения (5) удовлетворяют условию Гельдера, сводит изучение уравнения (5) в пространствах $H_\alpha(\Gamma)(0<\alpha<1)$ к эквивалентной системе интегральных уравнений Коши.

При этом, хотя функции, входящие в $H_p(\Gamma)$ являются комплекснозначными, само пространство будем считать вещественным, то ест рассматривать его как линейное множество над полем вещественных чисел. Тогда не только сингулярный интегральный оператор $(S_\Gamma f)(t)=\frac{1}{\pi i}\int_\Gamma \frac{f(\tau)d\tau}{\tau-t}$, но и композиция сингулярного оператора с оператором комплексного сопряжения $(\overline{S}_\Gamma f)(t)\equiv(KS_\Gamma f)(t)=-\frac{1}{\pi i}\int_\Gamma \frac{f(\tau)}{\overline{\tau}-\overline{t}}d\overline{\tau}, (Kf)=\overline{f(t)}$ будут обычными линейными ограниченными операторами в $L_p(\Gamma)$.

Всякий линейный ограниченный функционал на рассматриваемом (вещественном) пространстве $L_p(\Gamma)$ единственным образом представим в виде $(f,\psi)=Re\int_\Gamma f(\tau)\psi(\tau)d\tau$

В соответствии с этим сопряженным к оператору A в

$$L_p(\Gamma)(A^*\psi)(t)=a(t)\psi(t)+b(t)\overline{\psi(t)}-\frac{1}{\pi i}\int_\Gamma\frac{\overline{c(\tau)}\psi(\tau)}{\overline{\tau}-\overline{t}}d\overline{\tau}++\frac{1}{\pi i}\int_\Gamma\frac{\overline{d(\tau)\psi(\tau)}}{\tau-t}d\tau+(T\psi)(t)=q(t) \quad (6)$$

где $\psi(t),\ q(t)\in L_q(\Gamma)(1/p+1/q=1)$.

Лемма 1. *Если функция $b(t)$ непрерывна на Γ, то оператор $V=S_\Gamma b-bS_\Gamma$ вполне непрерывен в $L_p(\Gamma)(1<p<\infty)$.*

Доказательство. Рассмотрим сначала случай, когда $b(t)\in H_\alpha(\Gamma),0<\alpha<1$, то есть найдется такое число, что для произвольных значений $t_1,t_2\in\Gamma$ выполняется неравенство $|b(t_1)-b(t_2)|<M|t_1-t_2|^\alpha$. Тогда оператор V:

$(Vf)(t)=(S_\Gamma(bf))(t)-b(t)(S_\Gamma)(t)=\frac{1}{\pi i}\int_\Gamma\frac{b(\tau)-b(t)}{\tau-t}f(\tau)d\tau$ имеет ядро со слабой особенностью:

$$|\frac{b(\tau)-b(t)}{\tau-t}|<M\frac{|\tau-t|^\alpha}{|\tau-t|}=\frac{M}{|\tau-t|^{1-\alpha}}.$$

Следовательно, оператор V вполне непрерывен в $L_p(\Gamma)(1<p<\infty)$.

Если, теперь функция $b(t)$ только непрерывна, тогда построим последовательность функций $b_n(t)\in H_\alpha(\Gamma)$, которая равномерно сходится к функции $b(t)$. Рассмотрим оператор $V_n=S_\Gamma b_n-b_nS_\Gamma$. По доказанному, оператор V_n вполне непрерывен в $L_p(\Gamma)$. Оценим норму разности $V-V_n$:

$$||V-V_n||=||S_\Gamma(b-b_n)-(b-b_n)S_\Gamma||\leq||S_\Gamma(b-b_n)||+||(b-b_n)S_\Gamma||\leq$$

$$\leq 2||S_\Gamma||\max_{t\in\Gamma}|b(t)-b_n(t)|.$$

Но функции $b_n(t)$ равномерно сходятся к $b(t)$, следовательно

$max_{t\in\Gamma}|b(t)-b_n(t)|\to 0$ и $||V-V_n||\to 0$.

По известной теореме функционального анализа оператор V вполне непрерывен в $L_p(\Gamma)$.

Лемма 1 доказана.

Следствие. Из леммы 1 следует, что оператор A^*, – сопряженный к оператору A из (6) также имеет вид (5).

С учетом указанного следствия, мы ниже будем изучать множество всех операторов имеющих вид (5).

Прежде всего заметим, что уравнение (5), наряду с искомой функцией $f(t)$, также содержит комплексно сопряженную функцию $\overline{f(t)}$ и уравнения такого вида можно непосредственно свести к системе двух сингулярных интегральных уравнений с двумя неизвестными функциями $f(t)$ и $\overline{f(t)}$. Для этого нужно присоединить к данному уравнению другое, полученное переходом к комплексно сопряженным значениям. Таким образом в векторном пространстве

$L_p^2(\Gamma)=\{(f_1,f_2): f_1,f_2\in L_p^2(\Gamma)\}$, рассмотрим оператор

$$U=\begin{pmatrix} a(t)I+c(t)S_\Gamma & b(t)I+d(t)\overline{S}_\Gamma \\ \overline{b(t)}I+\overline{d(t)}S_\Gamma & \overline{a(t)}I+\overline{c(t)}\overline{S}_\Gamma \end{pmatrix}. \quad (7)$$

Лемма 2. *Нетеровость оператора* $A: L_p(\Gamma)\longrightarrow L_p(\Gamma)(1<p<\infty)$ *из (5) эквивалентна нетеровости оператора* $U: L_p^2(\Gamma)\longrightarrow L_p^2(\Gamma)$.

Доказательство аналогично доказательству леммы 1 из [10]. Действительно, если функция $f(t)$ является решением уравнения (5) из $L^p(\Gamma)$, то вектор $F=(f,\overline{f})$ будет решением системы $UF=G$ из $L_p^2(\Gamma)$, где $G=(g,\overline{g})$, и обратно, если вектор $F=(f_1,f_2)$ является решением системы $UF=G$ из $L_p^2(\Gamma)$, то вектор $(\overline{f}_2,\overline{f}_1)$ также будет решением. Но тогда решением системы $UF=Q$ из $L_p^2(\Gamma)$ будет вектор $(\frac{f_1+\overline{f}_2}{2},\frac{f_2+\overline{f}_1}{2})$. Отсюда следует, что функция $\frac{f_1+\overline{f}_2}{2}$ будет решением уравнения (5) из $L_p^2(\Gamma)$.

Пусть теперь k обозначает число линейно независимых решений однородного уравнения (5) над полем вещественных чисел, l – число линейно независимых решений однородной системы $UF=0$ над полем комплексных чисел. Покажем, что $k=l$. Пусть $\{f_j(z)\}, j=1,2,\cdots,k,$ – фундаментальная система решений однородного уравнения (5). Тогда векторы $F_j=(f_j,\overline{f}_j)(j=1,2,\cdots k)$ будут линейно независимыми решениями уравнения $UF=0$. Действительно, если $\sum_{j=1}^n c_jF_j=0$, то $\sum_{j=1}^n c_jf_j=0, \sum_{j=1}^n c_j\overline{f}_j=0$ или $\sum_{j=1}^n c_jf_j=0$ и $\sum_{j=1}^n \overline{c}_jf_j=0$. Отсюда $\sum_{j=1}^n (c_j+\overline{c}_j)f_j=0, \sum_{j=1}^n (c_j-\overline{c}_j)f_j=0$ так же, отсюда $c_j+\overline{c}_j=0, c_j-\overline{c}_j=0,$ т.е. $c_j=0$. Таким образом, $k\leq l$. Таже как в ([11], с.276) доказывается, что то есть место обратное неравенство $k\geq l$.

Совершенно аналогично доказыается, что однородное сопряженное уравнение $A^*\psi=0$ в пространстве $L_q(\Gamma)$ и соответствующая система уравнений $U^*\Psi=0$ в векторном пространстве $L_q^2(\Gamma)$ имеют одинаковое число линейно независимых решений, определенным образом соответствующих друг другу.

Из установленного выше соответствия между решениями неоднородного уравнения $Af=g$ и неоднородной системы $UF=G$ следует, что они нормально разрешимы одновременно. Лемма 2 доказана.

Следующее утверждение следует из [12]:

Лемма 3. *Между операторами* $(\overline{S_\Gamma}f)(t)$ *и* $(S_\Gamma f)(t)$ *имеет место следующее соотношение*

$$(\overline{S_\Gamma}f)(t)=-(S_\Gamma f)(t)+(Tf)(t),$$

где T *– вполне непрерывный оператор.*

Действительно в случае $\Gamma=\{\tau: |\tau|=1\}$ это утверждение следует из равенства:

$$(\overline{S_\Gamma}f)(t)+(S_\Gamma f)(t)=\frac{1}{\pi i}\int_{|\tau|=1} f(\tau)\left(\frac{d\tau}{\tau-t}-\frac{d\overline{\tau}}{\overline{\tau}-\overline{t}}\right)=$$

$$=\frac{1}{\pi i}\int_{|\tau|=1}\left(\frac{1}{\tau-t}-\frac{t}{\tau(\tau-t)}\right)f(\tau)d\tau=\frac{1}{\pi i}\int_{|\tau|=1}\frac{f(\tau)d\tau}{\tau}.$$

В силу леммы 3 в (7), заменив $\overline{S_\Gamma}$ на $-S_\Gamma$, согласно следствию леммы 2 получим, что нетеровость оператора $A: L_p(\Gamma)\longrightarrow L_p(\Gamma)(1<p<\infty)$ из (5) равносильно нетеровости матричного оператора $U: L_p^2(\Gamma)\longrightarrow L_p^2(\Gamma)$:

$(UF)(t)\equiv\lambda(t)F(t)+\mu(t)(S_\Gamma F)(t)+(TF)(t)=G(t)$, (8), где

$$\lambda(t)=\begin{pmatrix} \frac{a(t)}{b(t)} & \frac{b(t)}{a(t)} \end{pmatrix}, \mu(t)=\begin{pmatrix} \frac{c(t)}{d(t)} & \frac{-d(t)}{-c(t)} \end{pmatrix},$$

$G = (g, \overline{g})$ – заданный вектор из пространства $L_p^2(\Gamma)$,$F = (f, \overline{f})$ – искомая вектор-функция из $L_p^2(\Gamma)$.

3. Рассмотрим множество $\mathcal{R}$ всех операторов вида (8), действующих в векторном пространстве $L_p^2(\Gamma)(1 < p < \infty)$. Покажем, что множество сингулярных операторов $\mathcal{R}$ представляет собой алгебру в $L_p^2(\Gamma)(1 < p < \infty)$. Действительно, пусть $U_k \in \mathcal{R},\ k = 1,2$, так что $U_k = \lambda_k I + \mu_k S_\Gamma + T_k$,

тогда $U_1 + U_2 = (\lambda_1 + \lambda_2)I + (\mu_1 + \mu_2)S_\Gamma + (T_1 + T_2)$ (9)

и $U_1 + U_2 \in \mathcal{R}$. Далее

$U_1 U_2 = (\lambda_1 I + \mu_1 S_\Gamma + T_1)(\lambda_2 I + \mu_2 S_\Gamma + T_2) =$

$= \lambda_1\lambda_2 I + \mu_1 S_\Gamma \mu_2 S_\Gamma + \lambda_1\mu_2 S_\Gamma + \mu_1 S_\Gamma \mu_2 + (T_1 + T_2).$

Пользуясь следствием из леммы 1 и формулой Пуанкаре – Бертрана [5]

$S_\Gamma^2 = I,$

находим $U_1 U_2 = (\lambda_1\lambda_2 + \mu_1\mu_2)I + (\lambda_1\mu_2 + \lambda_2\mu_1)S_\Gamma + T.$ (10)

Отсюда ясно, что $U_1 U_2 \in \mathcal{R}$.

Из формул (9) и (10) следует, что алгебру операторов $\mathcal{R}$ можно привести в соответствие алгебра символов. Для этого сначала определим символ сингулярного интегрального оператора S_Γ . С этой целью достаточно рассмотреть сингулярный интеграл на вещественной оси то есть.

$$(S_R f)(x) = \frac{1}{\pi i}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{f(y)}{y-x}dy = \frac{1}{\pi i}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{sign(y-x)}{|y-x|}f(y)dy.$$

Оператору S_R сопоставим в качестве символа преобразование Фурье его ядра $(FK)(x)$, где

$K(x) = \frac{1}{\pi i}\frac{signx}{|x|}$.

Вычислим $(FK)(y)$:

$$(FK)(y) = \frac{1}{\pi i}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{e^{ixy}}{x}dx = \lim_{\varepsilon\to 0}\frac{1}{\pi i}\left(\int_{-\infty}^{\varepsilon} + \int_{\varepsilon}^{\infty}\right)\frac{e^{ixy}}{x}dx =$$

$$= \lim_{\varepsilon\to 0}\frac{1}{\pi i}\int_{\varepsilon}^{\infty}\frac{e^{ixy} - e^{-ixy}}{x}dx =$$

$$= \frac{2}{\pi}\lim_{\varepsilon\to 0}\int_{\varepsilon}^{\infty}\frac{\sin xy}{x}dx = \frac{2}{\pi}\lim_{\varepsilon\to 0}\int_{\varepsilon}^{\infty}\frac{\sin(x|y|)\cdot signy}{x|y|}d(x|y|) =$$

$$= \frac{2}{\pi i}signy\int_0^{\infty}\frac{\sin x}{x}dx = signy.$$

Итак, символ сингулярного оператора S_Γ равен Θ, которое обозначает независимую переменную, принимающую только два значения $+1$ и -1:

$$\Theta = signy = \begin{cases} +1, & \text{если } y > 0, \\ -1, & \text{если } y < 0, \end{cases}$$

так что $\Theta^2 = 1$.

Теперь, любому оператору вида (8) из алгебры $\mathcal{R}$ приведем в соответствие символ матрицу-функцию

$\Phi_U(t,\Theta) = \lambda(t) + \mu(t)\Theta$.(11)

Тогда $\Phi_I(t,\Theta) \equiv 1$ и

$\Phi_{U_1+U_2}(t,\Theta) = \lambda_1(t) + \lambda_2(t) + [\mu_1(t) + \mu_2(t)]\Theta = \Phi_{U_1}(t,\Theta) + \Phi_{U_2}(t,\Theta);$

$\Phi_{U_1U_2}(t,\Theta) = \lambda_1(t)\lambda_2(t) + \mu_1(t)\mu_2(t) + [\lambda_1(t)\mu_2(t) + +\lambda_2(t)\mu_1(t)]\Theta = \Phi_{U_1}(t,\Theta)\Phi_{U_2}(t,\Theta).$

Отсюда следует, что матрица-функция (11) составляет алгебру, которую обозначим через $\mathcal{M}$. Между алгебрами $\mathcal{R}$ и $\mathcal{M}$ можно установить гомоморфное соответствие, так что каждому оператору $U \in \mathcal{R}$ приводится в соответствие одна и только одна матрица-функция $\Phi_U(t,\Theta) \in \mathcal{R}$ и каждой функции из $\mathcal{M}$ соответствует хотя бы один оператор из $\mathcal{R}$, при этом вполне непрерывному оператору из $L_p^2(\Gamma)$ соответствует матрица-функция, равная нулю тождественно.

Из сказанного выше следует, что к операторам U из алгебры $\mathcal{R}$ (одновременно по лемме 3 к операторам A из (5)) применима теорема Михлина ([13] с.121). По этой теореме для нетеровости оператора A из $L_p^2(\Gamma)(1<p<\infty)$ необходимо и достаточно, чтобы его символ $\Phi_U(t,\Theta)$ не вырождался, то есть при любом $t\in\Gamma$ и $\Theta=\pm1, \det\Phi_U(t,\Theta)\neq 0$. Иначе говоря

$$\det\big(\lambda(t)\pm\mu(t)\big)\neq 0 \quad \text{для любых } t\in\Gamma.$$

Так как $\det(\lambda(t)-\mu(t))=\Delta(t)$ и $\det(\lambda(t)+\mu(t))=\overline{\Delta(t)}$, то условие нетеровости является оператора A примет вид

$$\Delta(t)\equiv(a(t)-c(t))(\overline{a(t)}+\overline{c(t)})-(b(t)+d(t))(\overline{b(t)}-\overline{d(t)})\neq 0 \quad \forall t\in\Gamma.$$

Итак, нами доказана.

Теорема 2. *Для нетеровости оператора A из (5) в пространствах $L_p(\Gamma)(1<p<\infty)$ необходимо и достаточно, чтобы*

$$\Delta(t)\equiv\big(a(t)-c(t)\big)\Big(\overline{a(t)}+\overline{c(t)}\Big)-\big(b(t)+d(t)\big)\Big(\overline{b(t)}-\overline{d(t)}\Big)\neq 0$$
$$\forall t\in\Gamma. \quad (12)$$

При выполнении условия (12) индекс оператора A равен

$$\varkappa=2Ind_\Gamma\Delta(t).$$

4. Полученные в пунктах 1–3 результаты можно обобщить на системы сингулярных интегральных уравнений Коши. В банаховом пространстве $L_p^n(\Gamma)$, которая состоит из n-мерных векторов $f=(f_1,f_2,\cdots f_n)$ с компонентами $f_k, k=1,2,\cdots,n$ из пространства $L_p(\Gamma)(1<p<\infty)$ с нормой

$$||f||_{L_p^n}=\max_{1\le k\le n}||f_k||_{L_p}$$

рассмотрим следующий оператор

$$(\mathcal{A}f)(t)\equiv a(t)f(t)+b(t)\overline{f(t)}+\frac{c(t)}{\pi i}\int_\Gamma\frac{f(\tau)}{\tau-t}d\tau-$$
$$-\frac{d(t)}{\pi i}\int_\Gamma\frac{\overline{f(\tau)}}{\overline{\tau}-\overline{t}}d\overline{\tau}+(Tf)(t)=g(t), \quad (13)$$

где a,b,c,d – заданные $n\times n$ мерные матрицы-функции с непрерывными на Γ элементами, $g(t)$ – заданная функцияи из пространства $L_p(\Gamma)(1<p<\infty)$.

Через $\lambda(t)$ и $\mu(t)$ обозначим $2n\times 2n$–мерные блочные матрицы

$$\lambda(t)=\begin{pmatrix}a(t) & b(t)\\ \overline{b(t)} & \overline{a(t)}\end{pmatrix}, \mu(t)=\begin{pmatrix}c(t) & -d(t)\\ \overline{d(t)} & -\overline{c(t)}\end{pmatrix}.$$

Имеет место.

Теорема 3. *Для нетеровости оператора $\mathcal{A}$ из (13) в пространствах $L_p^n(\Gamma);(1<p<\infty)$ необходимо и достаточно, чтобы* $det(\lambda(t)\pm\mu(t))\neq 0 \quad \forall t\in\Gamma.$ (14)

При выполнении (14) индекс оператора A равен

$$\varkappa=Ind_\Gamma\frac{det(\lambda(t)-\mu(t))}{\det(\lambda(t)+\mu(t))}.$$

5. В этом пункте мы применяем полученные результаты для сингулярных интегральных уравнений (5) к общей задаче сопряжения для аналитических функций.

Пусть Γ-замкнутая кривая Ляпунова, делящая плоскость комплексного перменного на внутреннюю область D^+ и внешнюю D^-.

Постановка задачи сопряжения. *Найти две функции $\Phi^+(z)$ – аналитическую в области D^+, и $\Phi^-(z)$ – аналитическую в области D^-, представимые в виде интеграла типа Коши, такие, что почти всюду их граничные значения $\Phi^+(t)$ и $\Phi^-(t)$ на Γ существуют и удовлетворяют условию*

$$a(t)\Phi^+(t)+b(t)\overline{\Phi^+(t)}=c(t)\Phi^-(t)+d(t)\overline{\Phi^-(t)}+g(t), \Phi^-(\infty)=0, \quad (15)$$

где $a(t),b(t),c(t),d(t)$ – *заданные в Γ непрерывные функции*.

Рассмотрим интеграл типа Коши

$\Phi(z) = \frac{1}{2\pi i}\int_\Gamma \frac{f(\tau)}{\tau - z}d\tau$, (16) где $f(\tau) \in L_p(\Gamma)(1 < p < \infty)$. Тогда почти во всех точках $t \in \Gamma$, граничные значения интеграла при стремлении точки z к точки t существуют:

$\Phi_+(t) = \lim\limits_{\substack{z\to t \\ z\in D_+}} \Phi(z), \Phi_-(t) = \lim\limits_{\substack{z\to t \\ z\in D_-}} \Phi(z)$ и выражаются с помощью формулы Сохотского–Племеля

$$\Phi^+(t) = \frac{1}{2}((If)(t) + (S_\Gamma f)(t)), \quad (17)$$

$$\Phi^-(t) = \frac{1}{2}(-(If)(t) + (S_\Gamma f)(t)) \quad (18)$$

и принадлежат пространству $L_p(\Gamma)$. Отсюда следует, что

$f(t) = \Phi^+(t) - \Phi^-(t), (Sf)(t) = \Phi^+(t) + \Phi^-(t)$. (19)

Подставляя значения (17)–(19) в задачу (15), получим, что данная задача эквивалентна сингулярному интегральному уравнению вида (5):

$$(Af)(t) = a_1(t)f(t) + b_1(t)\overline{f(t)} + \frac{c_1(t)}{\pi i}\int_\Gamma \frac{f(\tau)}{\tau - t}d\tau -$$

$$-\frac{d_1(t)}{\pi i}\int_\Gamma \frac{\overline{f(\tau)}}{\bar{\tau} - \bar{t}}d\bar{\tau} + (Tf)(t) = g(t) \quad (20)$$

с коэффициентами

$a_1(t) = a(t) + c(t), b_1(t) = b(t) + d(t),$

$c_1(t) = a(t) - c(t), d_1(t) = b(t) - d(t).$

Применяя к (20) теорему 1, получим

Теорема 4. *Пусть в задаче* (15) *коэффициенты* $a(t)$, $b(t)$, $c(t), d(t)$ *являются на* Γ *непрерывными функциями. Тогда для нетеровости задачи (15) в классе функций представимых в виде интеграла типа Коши и* $\Phi^\pm(t) \in L_p(\Gamma)(1 < p < \infty)$, *необходимо и достаточно, чтобы выполнялось условие*

$$\overline{a(t)}c(t) - b(t)\overline{d(t)} \neq 0, \quad \forall t \in \Gamma. \quad (21)$$

При этом индекс задачи равен

$\varkappa = 2Ind_\Gamma(\overline{a(t)}c(t) - b(t)\overline{d(t)})$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нетер Ф. Uber eine Klasse singularer Integralgleichungen. Math. Ann., 1921, 82, pp. 42–63.
2. Карлеман Т. Sur la resolution deertaines equalions integrales. Arkiv for mat. astr. och fus., 1922, Bd. 16, 26, pp. 1–19.
3. Трикоми Ф.Ж. Formula de inversione delordine di due itegralione doppie "con asterisko" Rend. Accad. Naz. Lincei. – 3. ser. 6a. fasc. 9. 1926, pp. 535 – 539.
4. Трикоми Ф.Ж. Equazioni integrali contenti it valou principali di un integrale doppio. Math. Zeit., 1928, b. 27, pp. 87–133.
5. Мусхелишвили Н.И. Сингулярные интегральные уравнения. М.: Физматгиз. 1962, 511 с.
6. Михлин С.Г. Многомерные сингулярные интегралы и интегральные уравнения. – М.: Физматгиз, 1962, 254 с.
7. Гахов Ф.Д. Краевые задачи. – М.: Физматгиз, 1963, 639 с.
8. Михайлов Л.Г. Общая краевая задача о бесконечно малых изгибаниях склеенных поверхностей. Изв.высших учебных заведений. Математика. 1960, 5. с. 99–109.
9. Михайлов Л.Г. Новый класс особых интегральных уравнений и его применения к дифференциальным уравнениям с сингулярными коэффициентами. - Душанбе, 1963, 183 с.
10. Джангибеков Г., Одинабеков Д.М., Худжаназарова Г.Х. Об условиях нетеровости и индексе одного класса сингулярных интегральных интегральных операторов по ограниченной односвязной области. - Вестник МГУ, серия 1. Математика. Механика, 2019, 2, с. 9–14.
11. Векуа Н.П. Сингулярные интегральные уравнения. М.: Наука, 1970, 379 с.
12. Манджавидзе Г.Ф. Об одной системе сингулярных интегральных уравнений. - Сообщение АН Груз ССР, 1950, 11, 6, с. 351–356.
13. Михлин С. Г. Линейные уравнения в частных производных. М.: Высшая школа, 1977. 431 с.

REFERENCES LITERATURE

1. Noether F. Uber eine Klasse singularer Integralgleichungen. Math. Ann., 1921, 82, pp. 42-63.
2. Carleman T. Sur la resolution deertaines equalions integrales. Arkiv for mat. astr. och fus., 1922, Bd. 16, 26, pp. 1-19.
3. Tricomi F.J. Formula de inversione delordine di due itegralione doppie "con asterisko" Rend. Accad. Naz. Lincei. - 3.ser. 6a. fasc. 9.1926, pp. 535 - 539.
4. Tricomi F.Zh. Equazioni integrali contenti it valou principali di un integrale doppio. Math. Zeit., 1928, b. 27, pp. 87-133.
5. Muskhelishvili N.I. Singular integral equations. Moscow: Fizmatgiz. 1962, 511 p.
6. Mikhlin S.G. Multidimensional singular integrals and integral equations. - M .: Fizmatgiz, 1962, 254 p.
7. Gakhov F.D. Boundary value problems. - M .: Fizmatgiz, 1963, 639 p.

8. Mikhailov L.G. General boundary value problem on infinitesimal bendings of glued surfaces. Izvestiya of higher educational institutions. Maths. 1960, 5. c. 99-109.
9. Mikhailov L.G. A new class of singular integral equations and its applications to differential equations with singular coefficients. - Dushanbe, 1963, 183 p.
10. Dzhangibekov G., Odinabekov D.M., Khudzhanazarova G.Kh. On Noetherian conditions and the index of a class of singular integral integral operators over a bounded simply connected domain. - Bulletin of Moscow State University, series 1. Mathematics. Mechanics, 2019, 2, p. 9-14.
11. Vekua N.P. Singular integral equations. Moscow: Nauka, 1970, 379 p.
12. Mandzhavidze G.F. On one system of singular integral equations. - Communication of the Academy of Sciences Cargo SSR, 1950, 11, 6, p. 351-356.
13. Mikhlin SG Linear partial differential equations. M .: Higher school, 1977.431 p.

ОИДИ ҲАЛШАВАНДАГИИ ЯК СИНФИ МУОДИЛАҲОИ ИНТЕГРАЛИИ СИНГУЛЯРИИ КОШИ АЗ РӮИ ХАТТИ КАҶИ САРБАСТА

Дар мақола як класси муодилаҳои интегралии сингулярии Коши аз рӯи т қачи сарбастаи Г омӯхта шудааст. Нишон дода мешавад, ки операторҳои ин муодила дар фазои лебегии $L_p(\Gamma),\ 1 < p < \infty$ алгебраи $\mathcal{R}$ – ро ташкил медиҳанд. Ба ин алгебра ба таври гомоморфӣ алгебраи матриса – функсияҳои дар Г бефосилаи $\mathcal{M}$ мувофиқ гузошта мешавад. Дар натиҷа шартҳои зарурӣ ва кифоягии нетеровӣ будани ин операторҳо ёфта шуда, барои ҳисоб намудани индекси операторҳо формула ҳосил карда шудааст. Натиҷаҳои ҳосилшуда барои операторҳои матрисавӣ умумӣ карда шуда, татбиқи онҳо бо як масъалаи канорӣ барои муодилаҳои дифференсиалӣ татбиқ карда шудааст.

Калидвожаҳо: муодилаҳои интегралии сингулярӣ, алгебраи операторҳо, символи операторҳо, нетеровӣ будан, индекси оператор.

О РАЗРЕШИМОСТИ ОДНОГО КЛАССА СИНГУЛЯРНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ КОШИ ПО ЗАМКНУТОМУ КОНТУРУ

В работе изучается один класс сингулярных интегральных уравнений Коши по замунутому контуру Г. Доказывается, что рассматриваемые операторы в лебеговом пространстве $L_p(\Gamma),\ 1 < p < \infty$ составляют алгебру $\mathcal{R}$. Каждому оператору из $\mathcal{R}$ гомоморфно в лебеговом пространстве $L_p(\Gamma)$ сопоставляется алгебра непрерывных на Г матриц – функции $\mathcal{M}$. Получена необходимое и достаточное условие нетеровости указанных операторов и формула для подсчета индекса операторов. Полученные результаты обобщены на матричные случаи и применены к одной краевой задачи для дифференциальных уравнений.

Ключевые слова. сингулярные интегральные уравнения, алгебра операторов, символ оператора, нетеровоть операторов, индекс оператора.

ABOUT SOLVABILITY OF ONE SINGULAR CLASS KOSHI INTEGRAL EQUATIONS BY CLOSED TO CONTOUR

The paper studies one class of singular integral equations Koshi along the sutured circuit Γ. It is proved that the operations under consideration rators in the swan space $L_p(\Gamma),\ 1 < p < \infty$constitute algebra $\mathcal{R}$. Each operator of $\mathcal{R}$ is homomorphic in the swan space $L_p(\Gamma)$, maps the algebra of continuous on Γ matrices-functions $\mathcal{M}$. Necessary and sufficient catch of the specified operators and a formula for counting the operator index. The obtained results are summarized by shifted to matrix cases and applied to one edge task for diphferential equations.

Keywords: singular integral equations, operator algebra, operator symbol, operator nontero, operator index.

Маълумот дар бораи муаллифон: ***Ҷангибеков Гулхоҷа*** – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, доктори илмҳои физика ва математика, профессор. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш.Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. E-mail: **gulkhoja@list.ru**. Тел.: **935-03-63-42**

Эшонқулов Алишер Алигулович – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, аспиранти кафедраи таҳлили функсионалӣ ва муодилаҳои дифференсиалӣ. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш.Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. E-mail: **vakhon-04mail.ru**. Телефон: **935-81-37-04.**

Сведения об авторах: ***Джангибеков Гулходжа*** – Таджикский национальний университет, доктор физико-математических наук, профессор. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г.Душанбе, проспект Рудаки, 17. E-mail: **gulkhoja@list.ru**. Телефон: **935-03-63-42**

Эшонкулов Алишер Алигулович – Таджикский национальный университет, аспирант кафедра функционального анализа и дифференциальных уравнений. Адрес: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. E-mail: **vakhon-04mail.ru**. Телефон: **935-81-37-04.**

Information about the authors: ***Jangibekov Gulkhoja*** – Tajik National University, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor. Address: 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. Email: **gulkhoja@list.ru**. Phone: **935-03-63-42**

Eshonqulov Alisher Aligulovich – Tajik National University, graduate student of the department of functional analysis and differential equations. Address: 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. E-mail: **vakhon-04mail.ru**. Phone: **935-81-37-04.**

УДК 517.95

ОБРАЩЕНИЕ ОДНОГО ИНТЕГРАЛЬНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

Закиров С.Х.
Таджикский национальный университет

Известно, что решение некоторых вырождающихся обыкновенных дифференциальных уравнений могут быть использованы для вырождающихся эллиптических уравнений как мажорант решений вблизи границы вырождения[1]. Изучению граничных задач для вырождающихся эллиптических уравнений должно предшествовать изучение соответствующих граничных задач для таких обыкновенных дифференциальных уравнений.С такой целью в работах [2]-[4] были рассмотрены некоторые случаи обыкновенного дифференциального уравнения вида

$y'' + \frac{\alpha}{x}y' + \beta y = 0$,α,β=const. (1)

С помощью подходящих преобразований, некоторые вырождающиеся уравнения сводятся к уравнениям с особыми (сингулярными) коэффициентами.

Очень часто вид условия в точке вырождения (сингулярности)для существования гладкого решения вплоть до этой точки, подсказывается общим решением уравнения.

Построению различных классов решений вырождающихся эллиптических уравнений, для которых уравнения вида (1) является одномерным аналогом,посвящено много работ. Библиографии этих работ можно найти в [5].В частности, получение представление решения с использованием формулы связывающие решения таких уравнений с решениями регулярных уравнений [6] - [9].

Рассмотрим свойства обратимости интегрального представления одного класса решений уравнения (1) с определенным условием в точке сингулярности x=0.

Пусть z(x) решение уравнения

$z'' + \beta z = 0, \quad \beta = const < 0$ (2) удовлетворяющее условию $z'(0) = 0$. (3)

Тогда функция

$y(x) = \int_0^1 z(xt)(1-t^2)^{\frac{\alpha}{2}-1}dt$, (4) при $\alpha > 0$, есть решение уравнения

$y'' + \frac{\alpha}{x}y' + \beta y = 0, \beta = const < 0$(5) удовлетворяющее условие $y'(0) = 0$. (6)

Покажем, что функция (4) удовлетворяет уравнения (5) и условию (6).

После дифференцирования представления (4) по x и интегрированием по частям с учетом условия (3), имеем

$$y'(x) = \int_0^1 z'(xt)t(1-t^2)^{\frac{\alpha}{2}-1}dt = -\frac{1}{\alpha}\int_0^1 z'(xt)d\left[(1-t^2)^{\frac{\alpha}{2}}\right] =$$

$$= \frac{x}{\alpha}\int_0^1 z''(xt)(1-t^2)^{\frac{\alpha}{2}}dt, y'(0)=0.$$

Далее

$$y''(x) = \int_0^1 z''(xt)t^2(1-t^2)^{\frac{\alpha}{2}-1}dt = \int_0^1 z''(xt)(1-t^2)^{\frac{\alpha}{2}-1}dt -$$

$$-\int_0^1 z''(xt)(1-t^2)^{\frac{\alpha}{2}}dt.$$

Отсюда

$$y'' + \frac{\alpha}{x}y' + \beta y = \int_0^1 [z'' + \beta z](1-t^2)^{\frac{\alpha}{2}-1}dt.$$

Из полученного соотношения следует наше утверждение. Таким образом, формула (4) при $\alpha > 0$, каждому решению z уравнения (2) с условием (3) ставит в соответствии с одним решением уравнения (5) с условием (6).

Для того чтобы, это соответствие было взаимно однозначным, докажем обратное утверждение: Из соотношения (4) единственным образом можно получить решение z(x) уравнения (2)при заданном решении y(x)уравнения (5). То есть, интегрального преставления (4) решения уравнения (5) при $\alpha > 0$,можно в явном виде обратить.

Действительно, совершая в (4) замену xt=τ, будем иметь:

$$x^{\alpha}y(x) = x\int_0^x z(\tau)(x^2-\tau^2)^{\frac{\alpha}{2}-1}\,d\tau. \quad (7)$$

Пусть $0 < \alpha < 2$. В (7) вместо x напишем s, умножим полученное выражение на $\frac{ds}{(x^2-s^2)^{\frac{\alpha}{2}}}$ и проинтегрируем по s от 0 до x:

$$\int_0^x \frac{s^{\alpha}y(s)}{(x^2-s^2)^{\frac{\alpha}{2}}}ds = \frac{1}{2}\int_0^x \frac{d(s^2)}{(x^2-s^2)^{\frac{\alpha}{2}}}\int_0^s z(\tau)(s^2-\tau^2)^{\frac{\alpha}{2}-1}d\tau.$$

Поменяв порядок интегрирования в правой части по известной формуле Дирихле [10, с.26], придем к равенству

$$\int_0^x \frac{s^{\alpha}y(s)}{(x^2-s^2)^{\frac{\alpha}{2}}}ds = \frac{1}{2}\int_0^x z(\tau)d\tau\int_{\tau}^x (s^2-\tau^2)^{\frac{\alpha}{2}-1}(x^2-s^2)^{-\frac{\alpha}{2}}d(s^2).$$

Внутренний интегралпосле замены$s^2 = \tau^2 + (x^2-\tau^2)\sigma^2$,

вычисляется с помощью эйлеровых интегралов [11, с. 750],

$\int_{\tau}^x (s^2-\tau^2)^{\frac{\alpha}{2}-1}(x^2-s^2)^{-\frac{\alpha}{2}}d(s^2) = \int_0^1 (\sigma^2)^{\frac{\alpha}{2}-1}(1-\sigma^2)^{\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)-1}d(\sigma^2) =$

$= \Gamma\left(\frac{\alpha}{2}\right)\Gamma\left(1-\frac{\alpha}{2}\right).$

Поэтому

$$\int_0^x z(\tau)d\tau = \frac{2}{\Gamma\left(\frac{\alpha}{2}\right)\Gamma\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)}\int_0^x \frac{s^{\alpha}y(s)}{(x^2-s^2)^{\frac{\alpha}{2}}}ds.$$

Отсюда после дифференцирования имеем:

$z(x) = \frac{2}{\Gamma\left(\frac{\alpha}{2}\right)\Gamma\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)}\frac{d}{dx}\int_0^x \frac{s^{\alpha}y(s)}{(x^2-s^2)^{\frac{\alpha}{2}}}ds, \quad 0 < \alpha < 2.$

Совершая в интеграле замену s=xt, получим $z(x) = \frac{2}{\Gamma\left(\frac{\alpha}{2}\right)\Gamma\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)}\int_0^1 \frac{d}{dx}[xy(xt)]t^{\alpha}(1-t^2)^{-\frac{\alpha}{2}}dt$

При $\alpha = 2$ из (7) имеем $z(x) = \frac{d}{dx}[xy(x)] = y(x) + xy'(x).$

Обращения представления (4) при $\alpha > 2$ сводятся, вообще говоря, поэтапно к случаю$0 < \alpha < 2$ последовательным дифференцированием обеих частей (4), а затем интегрированием по частям полученного равенства. Покажем этого в двух последуемых случаях.

1).Пусть $2 < \alpha < 4$. После дифференцирования обеих частей (4) и интегрированием по частям полученного равенства будем иметь:

$$y'(x) = \int_0^1 z'(xt)t(1-t^2)dt = -\frac{1}{x}\int_0^1 z(xt)(1-t^2)^{\frac{\alpha}{2}-1}dt + \quad + \frac{\alpha-2}{x}\int_0^1 z(xt)t^2(1-t^2)^{\frac{\alpha}{2}-2}dt = \frac{\alpha-2}{x}\int_0^1 z(xt)(1-t^2)^{\frac{\alpha}{2}-2}dt$$

$-\frac{\alpha-1}{x}\int_0^1 z(xt)(1-t^2)^{\frac{\alpha}{2}-1}dt.$

Отсюда с учетом (4), получим

$xy'(x)+(\alpha-1)y(x)=(\alpha-2)\int_0^1 z(xt)(1-t^2)^{\frac{\alpha-2}{2}-1}dt$(8)

Или совершая в правой части замену $xt=\tau$имеем:

$\frac{x^{\alpha-2}}{\alpha-2}(xy'(x)+(\alpha-1)y(x))=x\int_0^x z(\tau)(x^2-\tau^2)^{\frac{\alpha-2}{2}-1}d\tau.$ (9)

В (9) вместо x напишем s, умножим полученное выражение на $\frac{ds}{(x^2-s^2)^{\frac{\alpha-2}{2}}}$ и проинтегрируем по s от 0 до x:

$$\int_0^x \frac{s^{\alpha-2}[sy'(s)+(\alpha-1)y(s)]}{(x^2-s^2)^{\frac{\alpha-2}{2}}}ds$$

$$=\frac{\alpha-2}{2}\int_0^x \frac{d(s^2)}{(x^2-s^2)^{\frac{\alpha-2}{2}}}\int_0^s z(\tau)(s^2-\quad -\tau^2)^{\frac{\alpha-2}{2}-1}d\tau.$$

Поменяв порядок интегрирования в правой части, придем к равенству

$$\int_0^x \frac{s^{\alpha-2}[sy'(s)+(\alpha-1)y(s)]}{(x^2-s^2)^{\frac{\alpha-2}{2}}}ds$$

$$=\frac{\alpha-2}{2}\int_0^x z(\tau)d\tau\int_\tau^x (s^2-\tau^2)^{\frac{\alpha-2}{2}-1}(x^2$$

$$-\qquad -s^2)^{-\frac{\alpha-2}{2}}d(s^2).$$

Вычисляем внутренний интеграл правой части

$\int_\tau^x (s^2-\tau^2)^{\frac{\alpha-2}{2}-1}(x^2-s^2)^{-\frac{\alpha-2}{2}}d(s^2)$=[$s^2=\tau^2+(x^2-\tau^2)\sigma^2$]=

$=\int_0^1(\sigma^2)^{\frac{\alpha-2}{2}-1}(1-\sigma^2)^{\left(1-\frac{\alpha-2}{2}\right)-1}d(\sigma^2)=\Gamma\left(\frac{\alpha-2}{2}\right)\Gamma\left(1-\frac{\alpha-2}{2}\right).$

Тогда$\int_0^x z(\tau)d\tau=\frac{2}{(\alpha-2)\Gamma\left(\frac{\alpha}{2}\right)\Gamma\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)}\int_0^x \frac{s^{\alpha-2}[sy'(s)+(\alpha-1)y(s)]}{(x^2-s^2)^{\frac{\alpha-2}{2}}}ds.$

После дифференцирования имеем z(x)=$\frac{2}{(\alpha-2)\Gamma\left(\frac{\alpha-2}{2}\right)\Gamma\left(1-\frac{\alpha-2}{2}\right)}\frac{d}{dx}\int_0^x \frac{s^{\alpha-2}[sy'(s)+(\alpha-1)y(s)]}{(x^2-s^2)^{\frac{\alpha-2}{2}}}ds.$

Совершая замену s=xt, получим

$$z(x)=\frac{2}{(\alpha-2)\Gamma\left(\frac{\alpha-2}{2}\right)\Gamma\left(1-\frac{\alpha-2}{2}\right)}\int_0^1\frac{d}{dx}[x^3ty'(xt)+(\alpha-1)xy(xt)]t^{\alpha-2}(1-$$

$$-t^2)^{-\frac{\alpha-2}{2}}dt, 2<\alpha<4.$$

При $\alpha=4$ из (9) получим z(x)=$\frac{1}{2}\frac{d}{dx}[x^2y'(x)+3xy(x)]$.

2). Пусть $4<\alpha<6$. После дифференцирования обеих частей(8) и интегрированием по частям полученного равенства будем иметь:

$$\frac{1}{(\alpha-2)(\alpha-4)}[x^2y''(x)+(2\alpha-3)xy'(x)+(\alpha-1)(\alpha-3)y(x)]=$$

$=\int_0^1 z(xt)(1-t^2)^{\frac{\alpha-4}{2}-1}dt.$

Или совершая в правой части замену $xt=\tau$ имеем:

$$\frac{x^{\alpha-4}}{(\alpha-2)(\alpha-4)}[x^2y''(x)+(2\alpha-3)xy'(x)+(\alpha-1)(\alpha-3)y(x)]=$$

$$=x\int_0^x z(\tau)\,(x^2-\tau^2)^{\frac{\alpha-4}{2}-1}d\tau. \quad (10)$$

Повторяя выкладки аналогичные, как в предыдущих случаях получим z(x)

$$=\frac{2}{(\alpha-2)(\alpha-4)\Gamma\left(\frac{\alpha-4}{2}\right)\Gamma\left(1-\frac{\alpha-4}{2}\right)}\int_0^1\frac{d}{dx}\Big[x^5t^2y''(xt)+(2\alpha-3)x^3t\,y'(xt)+\quad+(\alpha-1)(\alpha-3)xy(xt)\Big]t^{\alpha-4}$$

$$(1-t^2)^{-\frac{\alpha-4}{2}}dt, 4<\alpha<6.$$

При $\alpha=6$ из(10) имеем: z(x)=$\frac{1}{8}\frac{d}{dx}[x^3y''(x)+9x^2y'(x)+15xy(x)]$.

Таким способом поэтапно можно получить обращения представления (4) для значения $2k-2<\alpha<2k$ и $\alpha=2k$,k=4,5,6,…

ЛИТЕРАТУРА

1. Глушко В.П. Линейные вырождающиеся дифференциальные уравнения / В.П. Глушко. – Воронеж: ВГУ, 1972. -193 с.
2. Закиров С.Х. Нелокальная краевая задача для одного вырождающегося внутри области эллиптического уравнения / С.Х. Закиров // Неклассические дифференциальные уравнения в частных производных. – Новосибирск: АН СССР. Сиб. отд-ние. Ин-т математики, 1988. – С. 130-136.
3. Закиров С.Х., Сатторов А.С. Разрешимость нелокальной краевой задачи для вырождающегося уравнения четвертого порядка / С.Х. Закиров, А.С. Сатторов. – Вестник ТНУ, 2010. 3(59). – С. 37-41.
4. Закиров С.Х. Регулярные и особые решения дифференциальных уравнений / С.Х. Закиров. – Наука и инновация ТНУ, 2014. №1. – С. 43-45.
5. Раджабов Н. Интегральные представления и граничные задачи для некоторых дифференциальных уравнений с сингулярной линией или сингулярными поверхностями. Уч. пособие по спецкурсу / Н. Раджабов. –Душанбе, 1980. - 127 с.
6. Раджабов Н.Р. Интегральные представления для некоторых классов дифференциальных уравнений эллиптического типа с сингулярными гиперплоскостями через решение уравнений с регулярными коэффициентами/ Н.Р. Раджабов. – ДАН СССР, 1977. Т.233, №5. –С. 796-799
7. ColtonD. Cauchy's problem for a singular parabolic partial differential equation/ D. Colton.– Diff.Equations,1970.v.8,No.2. -P250-257.
8. Erdelyi A. On the Euler-Poisson-Darboux equation / A. Erdelyi. -J. d'analyseMathematique, 1970. -P. 89-102.
1. 9.Курант Р. Уравнения с частными производными / Р. Курант.–М.: Мир, 1964. – 830 с.
9. Самко С.Г., Килбас А.А., Маричев О.А. Интегралы и производные дробного порядка и некоторые их приложения / С.Г. Самко и др. – Минск: Наукаи техника, 1987. – 688 с.
10. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Том II / Г.М. Фихтенгольц. – М.: 1970. – 800 с.

REFERENCES LITERATURE

1. Glushko V.P. Linear degenerate differential equations / V.P. Glushko. - Voronezh: Voronezh State University, 1972. -193 p.
2. Zakirov S.Kh. Nonlocal boundary value problem for one elliptic equation degenerating inside the domain / S.Kh. Zakirov // Nonclassical partial differential equations. - Novosibirsk: USSR Academy of Sciences. Sib. separation. Institute of Mathematics, 1988 .- pp. 130-136.
3. Zakirov S.Kh., Sattorov A.S. Solvability of a nonlocal boundary value problem for a degenerate fourth-order equation / S.Kh. Zakirov, A.S. Sattorov. - Bulletin of TNU, 2010.3 (59). - pp. 37-41.
4. Zakirov S.Kh. Regular and special solutions of differential equations / S.Kh. Zakirov. - Science and innovation TNU, 2014. No. 1. - pp. 43-45.
5. Radzhabov N. Integral representations and boundary value problems for some differential equations with a singular line or singular surfaces. Uch. manual for a special course / N. Radjabov. - Dushanbe, 1980. - 127 p.
6. Radjabov N.R. Integral representations for some classes of differential equations of elliptic type with singular hyperplanes through the solution of equations with regular coefficients / N.R. Radjabov. - DAN SSSR, 1977. T.233, No. 5. -FROM. 796-799
7. Colton D. Cauchy's problem for a singular parabolic partial differential equation / D. Colton. – Diff. Equations, 1970.v.8, No.2. -P250-257.
8. Erdelyi A. On the Euler-Poisson-Darboux equation / A. Erdelyi. -J. d'analyseMathematique, 1970. -P. 89-102.
9. Kurant R. Partial Differential Equations / R. Courant. – M .: Mir, 1964. - 830 p.
10. Samko S.G., Kilbas A.A., Marichev O.A. Integrals and derivatives of fractional order and some of their applications / S.G. Samko et al. - Minsk: Naukai tekhnika, 1987 .- 688 p.
11. Fikhtengolts G.M. Differential and integral calculus course. Volume II / G.M. Fichtengolts. - M .: 1970 .- 800 p.

ТАБДИЛДИҲИИ ЯК ТАСВИРИ ИНТЕГРАЛӢ

Ҷиҳати асосии як қатор таҳқиқотҳо доир ба муодилаҳои дар сарҳади соҳа таназзулёбандаи (бо коэффитсиентҳои сингулярӣ) эллиптикии тартиби дуюм ин сохтани мажоранти ҳал дар наздикии сарҳади таназзулёбӣ мебошад, ки ба сифати он ҳалли баъзе муодилаҳои одии дифференсиалии таназзулёбанда (бо коэффитсиентҳои сингулярӣ), гирифта мешаванд. Дар мақола тасвири интегралии ҳалли як муодилаи дифференсиалии одии тартиби дуюм бо коэффитсиенти сингулярӣ, бо ёрии ҳалли як муодилаи дифференсиалии одӣ бо коэффитсиенти доимӣ муайян карда .шудааст Барои қиматҳои имконпазири коэффитсиентҳои муодила, марҳилавӣ исбот карда мешавад, ки мувофиқати ҳалҳои ин муодилаҳо байни ҳам якқимата мебошад. Яъне, ин тасвири интегралии ҳалро дар намуди ошкоро баргардонидан (табдилдиҳӣ) мумкин аст. Ин тасвири интегралӣ метавонад ҳамчун мажоранти ҳалли як қатор муодилаҳои таназзулёбандаи (бокоэффитсиентҳои сингулярии) эллиптикӣ дар наздикии сарҳади таназзулёбӣ истифода шавад.

Калидвожаҳо: таназзулёбанда, эллиптикӣ, мажоранти ҳал, тасвири интегралӣ, коэффитсиенти сингулярӣ, параметри муодила, марҳилавӣ, байни ҳам як қимата.

ОБРАЩЕНИЕ ОДНОГО ИНТЕГРАЛЬНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

Существенным моментом ряда работ по изучению вырождающихся (с сингулярными коэффициентами) на границе области эллиптических уравнений второго порядка является построение мажорант решений вблизи границы вырождения, в качестве которых используются решения некоторых вырождающихся (с сингулярными коэффициентами) обыкновенных дифференциальных уравнений. В статье, определяется интегральное представление решения одного обыкновенного дифференциального уравнения с сингулярным коэффициентом, через решение одного обыкновенного дифференциального уравнения с постоянным коэффициентом. Для допустимых значений коэффициентовуравнения, поэтапно доказывается, что соответствие между решениями этих уравнений взаимно однозначно. То есть,данного интегрального представления можно в явном виде обратить.Этого интегрального представления можно использовать, как мажорант решения для некоторых вырождающихся эллиптических уравнений вблизи границы вырождения.

Ключевые слова:Вырождающихся, эллиптические, мажорант решения,интегральное представление, дифференциальное уравнение, сингулярный коэффициент, поэтапно, взаимно однозначно.

INVERSION OF ONE INTEGRAL REPRESENTATION

An important point in a number of works on the study of degenerate (with singular coefficients) onto the boundaries of the domain of second-or derelliptic equations is the construction of major ants of solutions near the boundary of degeneracy, which are used as the solutions of some degenerate (with singular coefficients)ordinary differential equations. In the article, the integral representation of the solution of one ordinary differential equation with a singular coefficient is determined, through the solution of one ordinary differential equation with a constant coefficient. For acceptable values of the coefficients of the equation, it is gradually proved that the correspondence between the solutions of these equations is one-to-one. That is, this integral representation can be explicitly reversed. Of this integral representation can be used as a major ant of solution some degenerate elliptic equations near the boundary of degeneracy.

Key words: degenerate, elliptic, majorant solutions, integral representation, differential equation, singular coefficient, stepwise, one-to-one.

Маълумот дар бораи муаллиф: ***Зокиров Сангалӣ Ҳикматович*** – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, н.и.ф.-м., дотсенти кафедраи математикаи олӣ. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш.Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. Телефон: **907 96 22 87. E-mail: zokirov.59@ mail.ru**

Сведение об авторе: ***Закиров Сангали Хикматович*** – Таджикский национальный университет, к.ф.-м.н., доцент кафедры высшей математики. Адрес: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. Телефон: **907 96 22 87. E-mail: zokirov.59@ mail.ru**

Information about the author: ***Zakirov Sangali Hikmatovich*** – Tajik National University, Associate Professor, Department of Higher Mathematics. Address: 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. Tel.: **907 96 22 87. E-mail: zokirov.59@ mail.ru**

УДК 517.950

ОИД БА КОРРЕКТИЯТИ МАСЪАЛАИ КАНОРӢ БАРОИ ЯК СИСТЕМАИ ҒАЙРИҚАВИИ ЭЛЛИПСӢ ДАР ФАЗОИ ЧОРЧЕНАК

Халилов Ш.Б., Халилова М.Ш.
Институти таҳқиқотӣ-илмии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Дар [1] нишон дода шудааст, ки масъалаи Дирихле барои системаи муодилаҳои тартиби дуюми ба ақидаи И.Г. Петровский эллипсии

$$-\Delta U_0 + 2\frac{\partial}{\partial t} D U_0 = 0, \quad (1)$$

ки дар ин ҷо $U_0(t,x) = (u_0, u_1, u_2, u_3)$ вектор-функсияи ҷустуҷӯшаванда аст, дар нимфазо ғайрикорректӣ гузошта шудааст. Системаи (1)-ро ангораи чорченаки системаи А.В.Битсадзе [2,3] номидан мумкин аст. Барои системаи А.В.Битсадзе ва яке аз ангораҳои бисёрченаки он масъалаи канорие, ки дар он яке аз шартҳои канорӣ шарти канории намуди Нейман буда, боқӣ шартҳо шартҳои Дирихле мебошанд, корректӣ аст (ниг. масалан, [4]). Дар системае, ки дар ин ҷо мавриди омӯзиш қарор гирифтааст, ин ҳолат на ҳама вақт ҷой дорад. Масалан, аз тарафи мо [5,6] нишон дода шуда буд, ки масъалаи Нейман ва масъалаи канорие, ки дар он шартҳои канории Дирихле ва Нейман дар якҷоягӣ ширкат доранду фарқияти шумораи онҳо дар ҳайати шартҳои канорӣ ба 2 баробар аст, дар чунин нимфазо низ ғайрикорректӣ гузошта шудаанд.

Янушаускас А.И. дар [7] раддабандии нави системаҳои муодилаҳои тартиби дуюми ба ақидаи Петровский эллипсиро пешниҳод намуд. Ӯ ҳамаи системаҳои ба ақидаи Петровский эллипсии муодилаҳои тартиби дуюм, ки қисми симметрии матритсаи характеристикиашон ба системаи муодилаҳои эллипсӣ мувофиқат мекунанд, ба синфи P шомил намуда, боқӣ ҳамаи системаҳои ба ақидаи Петровский эллипсии муодилаҳои тартиби дуюмро ба синфи Q шомил намудааст. Масалан, системаҳои қавии эллипсӣ ва системаҳои қисми асосиашон симметрӣ ба синфи P тааллуқ доранд. Системаҳои муттаалиқи синфи Q бошанд, ниҳоят кам омӯхта шудаанд. Системаи (1), ки дар ин ҷо мавриди таҳқиқ қарор гирифтааст мутааллиқи синфи Q аст.

Системаи муодилаҳои

$$-\Delta U_0 + 2\frac{\partial}{\partial t} \overline{D} U_0 = 0$$

барои системаи (1) ҳамроҳшуда мебошад. Дар ин ҷо D, $\overline{D}$ операторҳои дифференсиалии тартиби якуми матритсавии

$$D = \begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial t} & -\frac{\partial}{\partial x_1} & -\frac{\partial}{\partial x_2} & -\frac{\partial}{\partial x_3} \\ \frac{\partial}{\partial x_1} & \frac{\partial}{\partial t} & -\frac{\partial}{\partial x_3} & \frac{\partial}{\partial x_2} \\ \frac{\partial}{\partial x_2} & \frac{\partial}{\partial x_3} & \frac{\partial}{\partial t} & -\frac{\partial}{\partial x_1} \\ \frac{\partial}{\partial x_3} & -\frac{\partial}{\partial x_2} & \frac{\partial}{\partial x_1} & \frac{\partial}{\partial t} \end{pmatrix}, \overline{D} = \begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial t} & \frac{\partial}{\partial x_1} & \frac{\partial}{\partial x_2} & \frac{\partial}{\partial x_3} \\ -\frac{\partial}{\partial x_1} & \frac{\partial}{\partial t} & \frac{\partial}{\partial x_3} & -\frac{\partial}{\partial x_2} \\ -\frac{\partial}{\partial x_2} & -\frac{\partial}{\partial x_3} & \frac{\partial}{\partial t} & \frac{\partial}{\partial x_1} \\ -\frac{\partial}{\partial x_3} & \frac{\partial}{\partial x_2} & -\frac{\partial}{\partial x_1} & \frac{\partial}{\partial t} \end{pmatrix}$$

мебошанд.

Дар ин ҷо мо барои системаи (1) теоремаи зеринро исбот мекунем.

Теорема. *Агар фарқи шумораи шартҳои канориш навъи Дирихле ва Нейман дар ҳайати шартҳои канории масъалаи канории барои системаи* (1) *дар нимфазои* $R^4_+ : \{t > 0\}$ *гузошташуда ба сифр баробар бошад, ин масъала дар синфи функсияҳои дар беохирӣ регулярӣ корректӣ аст.*

Дар ҳақиқат, ин гуна шартҳои канорӣ намудҳои зерин доранд:

$$\frac{\partial u_0}{\partial t}(0,x)=f_0(x),\frac{\partial u_1}{\partial t}(0,x)=f_1(x),u_2(0,x)=f_2(x),u_3=f_3(x),(2)$$

$$\frac{\partial u_0}{\partial t}(0,x)=f_0(x),u_1(0,x)=f_1(x),\frac{\partial u_2}{\partial t}(0,x)=f_2(x),u_3=f_3(x),(3)$$

$$u_0(0,x)=f_0(x),u_1(0,x)=f_1(x),\frac{\partial u_2}{\partial t}(0,x)=f_2(x),\frac{\partial u_3}{\partial t}=f_3(x).(4)$$

Ба монанди ҳолатҳои дар [2] ва [3] муоинашуда барои ҳалли масъалаҳои гузошташуда аз табдилдиҳии Фурйе истифода мебарем. Чи хеле, ки дар таҳқиқоти [2] ва [3] нишон дода шуда буд, тасвири Фурйеи ҳамаи ҳалҳои дар беохирӣ регулярии системаи муодилаҳои (1) дар нимфазои $R_+^4:\{t>0\}$чунин тасвир карда мешаванд:

$$\tilde{U}_0(t,\xi)=\frac{1}{\xi_2^2+\xi_3^2}\left[\left(\vec{c}(\xi)a_1(\xi)+\vec{d}(\xi)\beta_1(\xi)\right)t+\vec{c}(\xi)a_2(\xi)++\vec{d}(\xi)\beta_2(\xi)\right]e^{-\sigma t},(5)$$

ки дар ин ҷо

$\vec{c}(\xi)=(-(\xi_1\xi_3+i\xi_2\sigma),\xi_1\xi_2-i\xi_3\sigma,\xi_2^2+\xi_3^2,0),$

$\vec{d}(\xi)=(\xi_1\xi_2-i\xi_3\sigma,\xi_1\xi_3+i\xi_2\sigma,0,\xi_2^2+\xi_3^2)$

буда, $\alpha_1(\xi),\alpha_2(\xi),\beta_1(\xi),\beta_2(\beta)$функсияҳои ихтиёрии тағйирёбандаҳои ξ_1,ξ_2,ξ_3–и аққалан, бо квадраташон дар тамоми фазои ин тағйирёбандаҳо интегралпазир мебошанд. Аз шартҳои канории (2) истифода бурда меёбем:

$$a_1(\xi)=\sigma\tilde{f}_2(\xi)+\frac{1}{\xi_2^2+\xi_3^2}\left[(\xi_1\xi_3+i\xi_2\sigma)\tilde{f}_0(\xi)-(\xi_1\xi_2-i\xi_3\sigma)\tilde{f}_1(\xi)\right],$$

$$\beta_1(\xi)=\sigma\tilde{f}_3(\xi)-\frac{1}{\xi_2^2+\xi_3^2}\left[(\xi_1\xi_2-i\xi_3\sigma)\tilde{f}_0(\xi)+(\xi_1\xi_3+i\xi_2\sigma)\tilde{f}_1(\xi)\right],$$

$$a_2(\xi)=\tilde{f}_2(\xi),\beta_2(\xi)=\tilde{f}_3(\xi).$$

Аз ин ҷо бошад, ҳосил мекунем:

$$U_0(t,\xi)=\frac{1}{\xi_2^2+\xi_3^2}\left[\vec{a}(\xi)f_0(\xi)+\vec{b}(\xi)f_1(\xi)\right]e^{-\sigma t}$$

$$+\frac{\sigma t+1}{\xi_2^2+\xi_3^2}\left[\vec{c}(\xi)f_2(\xi)+\vec{d}(\xi)f_3(\xi)\right]e^{-\sigma t},\qquad(6)$$

$$\vec{a}(\xi)=\left(\xi_2^2+\xi_3^2,0,\xi_1\xi_3+i\xi_2\sigma,-(\xi_1\xi_2-i\xi_3\sigma)\right),$$

$$\vec{b}(\xi)=(0,\xi_2^2+\xi_3^2,-(\xi_1\xi_2-i\xi_3\sigma),-(\xi_1\xi_3+i\xi_2\sigma)).$$

Айнан ҳамин тавр, барои шартҳои канории (3) меёбем:

$$U_0(t,\xi)=$$

$$\frac{1}{\xi_1^2+\xi_3^2}[\vec{\rho}_0(\xi)f_0(\xi)+\vec{\rho}_2(\xi)f_1(\xi)]e^{-\sigma t}+$$

$$\frac{\sigma t+1}{\xi_2^2+\xi_3^2}[\vec{\rho}_1(\xi)f_2(\xi)+\qquad\qquad+\vec{\rho}_3(\xi)f_3(\xi)]e^{-\sigma t},$$

(7)

ки дар ин ҷо

$\vec{\rho}_0(\xi)=(\xi_1^2+\xi_3^2,\xi_2\xi_3-i\xi_1\sigma,0,-(\xi_1\xi_2+i\xi_3\sigma))$

$\vec{\rho}_1(\xi)=(\xi_2\xi_3-i\xi_1\sigma,\xi_1^2+\xi_3^2,\xi_1\xi_2+i\xi_2\sigma,0),$

$\vec{\rho}_2(\xi)=(0,-(\xi_1\xi_2+i\xi_3\sigma),\xi_1^2+\xi_3^2,-(\xi_2\xi_3-i\xi_1\sigma)),$

$\vec{\rho}_3(\xi)=(-(\xi_1\xi_2+i\xi_3\sigma),0,\xi_2\xi_3-i\xi_1\sigma,\xi_1^2+\xi_2^3)$

аст. Инчунин, барои шартҳои канории (4) бошад, меёбем, ки

$$U_0(t,\xi) =$$
$$\frac{\sigma t+1}{\xi_2^2+\xi_3^2}\left[\vec{a}(\xi)f_0(\xi)+\vec{b}(\xi)f_1(\xi)\right]e^{-\sigma t}+$$
$$\frac{t}{\xi_2^2+\xi_3^2}\left[\vec{c}(\xi)f_2(\xi)+\vec{d}(\xi)f_3(\xi)\right]e^{-\sigma t}$$

(8)

аст. Дар формулаҳои (6), (7), (8) табдилдиҳии баръакси Фурйеро [8] таъсир намуда ҳосил мекунем:

$$U_0(t,x) =$$
$$-t\left[\int_{R^3}\vec{K}_{\vec{\alpha}_0}(t,x,y)f_0(y)dy-\int_{R^3}\vec{K}_{\vec{b}_0}(t,x,y)f_1(y)dy\right]+$$
$$+\left(t\frac{\partial}{\partial t}-1\right)\left[\int_{R^3}\vec{K}_{\vec{c}_0}(t,x,y)f_2(y)dy+\int_{R^3}\vec{K}_{\vec{d}_0}(t,x,y)f_3(y)dy\right]$$

(9)

- барои шартҳои канонии (2),

$$U_0(t,x) =$$
$$-t\left[\int_{R^3}\vec{L}_{\overrightarrow{\rho_0^{(0)}}}(t,x,y)f_0(y)dy+\int_{R^3}\vec{L}_{\overrightarrow{\rho_0^{(0)}}}(t,x,y)f_2(y)dy\right]+$$
$$+\left(t\frac{\partial}{\partial t}-1\right)\left[\int_{R^3}\vec{L}_{\overrightarrow{\rho_1^{(0)}}}(t,x,y)f_1(y)dy+\int_{R^3}\vec{L}_{\overrightarrow{\rho_3^{(0)}}}(t,x,y)f_3(y)dy\right]$$

(10)

– *барои* шартрҳои канонии (3) буда,

$$U_0(t,x) =$$
$$\left(t\frac{\partial}{\partial t}-1\right)\left[\int_{R^3}\vec{K}_{\vec{\alpha}_0}(t,x,y)f_0(y)dy-\int_{R^3}\vec{K}_{\vec{b}_0}(t,x,y)f_1(y)dy\right]-\ -t\left[\int_{R^3}\vec{K}_{\vec{c}_0}(t,x,y)f_2(y)dy+\right.$$
$$\left.\int_{R^3}\vec{K}_{\vec{d}_0}(t,x,y)f_3(y)dy\right]$$

(11)

- барои шартҳои канонии (4) аст. Дар ин ҷо

$\vec{K}_{\vec{\alpha}_0}(t,x,y)=\vec{\alpha}_0K_0(t,x,y),\vec{K}_{\vec{b}_0}(t,x,y)=\vec{b}_0K_0(t,x,y),$

$\vec{K}_{\vec{c}_0}(t,x,y)=\vec{c}_0K_0(t,x,y),\vec{K}_{\vec{d}_0}(t,x,y)=\vec{d}_0K_0(t,x,y),$

$\vec{L}_{\overrightarrow{\rho_0^{(0)}}}(t,x,y)=\overrightarrow{\rho_0^{(0)}}L_0(t,x,y),\vec{L}_{\overrightarrow{\rho_1^{(0)}}}(t,x,y)=\overrightarrow{\rho_0^{(0)}}L_0(t,x,y),$

$\vec{L}_{\overrightarrow{\rho_2^{(0)}}}(t,x,y)=\overrightarrow{\rho_2^{(0)}}L_0(t,x,y),\vec{L}_{\overrightarrow{\rho_3^{(0)}}}(t,x,y)=\overrightarrow{\rho_3^{(0)}}L_0(t,x,y).$

мебошад, ки

$$\vec{\alpha}_0=\left(\frac{\partial^2}{\partial x_2^2}+\frac{\partial^2}{\partial x_3^2},0,\frac{\partial^2}{\partial x_1\partial x_3}+\frac{\partial^2}{\partial x_2\partial t},\left(\frac{\partial^2}{\partial x_1\partial x_2}-\frac{\partial^2}{\partial x_3\partial t}\right)\right)$$
$$\vec{b}_0=\left(0,-\left(\frac{\partial^2}{\partial x_2^2}+\frac{\partial^2}{\partial x_3^2}\right),\frac{\partial^2}{\partial x_1\partial x_2}-\frac{\partial^2}{\partial x_3\partial t},\frac{\partial^2}{\partial x_1\partial x_3}+\frac{\partial^2}{\partial x_2 dt}\right)$$
$$\vec{c}_0=\left(-\left(\frac{\partial^2}{\partial x_1\partial x_3}+\frac{\partial^2}{\partial x_2\partial t}\right),\frac{\partial^2}{\partial x_1\partial x_2}-\frac{\partial^2}{\partial x_3\partial t},\frac{\partial^2}{\partial x_2^2}+\frac{\partial^2}{\partial x_3^2},0\right)$$
$$\vec{d}_0=\left(\frac{\partial^2}{\partial x_1\partial x_2}-\frac{\partial^2}{\partial x_3\partial t},\frac{\partial^2}{\partial x_1\partial x_3}+\frac{\partial^2}{\partial x_2\partial t},0,\frac{\partial^2}{\partial x_2^2}+\frac{\partial^2}{\partial x_3^2}\right)$$
$$\overrightarrow{\rho_0^{(0)}}=\left(\frac{\partial^2}{\partial x_1^2}+\frac{\partial^2}{\partial x_3^2},\frac{\partial^2}{\partial x_2\partial x_3}-\frac{\partial^2}{\partial x_1\partial t},0,-\left(\frac{\partial^2}{\partial x_1\partial x_2}+\frac{\partial^2}{\partial x_3\partial t}\right)\right)$$

$$\overrightarrow{\rho_1^{(0)}} = \left(\frac{\partial^2}{\partial x_2 \partial x_3} - \frac{\partial^2}{\partial x_1 \partial t}, \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_3^2}, \frac{\partial^2}{\partial x_2 \partial x_2} + \frac{\partial^2}{\partial x_3 \partial t}, 0\right)$$

$$\overrightarrow{\rho_2^{(0)}} = \left(0, \frac{\partial^2}{\partial x_1 \partial x_2} + \frac{\partial^2}{\partial x_3 \partial t}, -\left(\frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_3^2}\right), \frac{\partial^2}{\partial x_2 \partial x_3} - \frac{\partial^2}{\partial x_1 \partial t}\right)$$

$$\overrightarrow{\rho_3^{(0)}} = \left(-\left(\frac{\partial^2}{\partial x_1 \partial x_2} + \frac{\partial^2}{\partial x_3 \partial t}\right), 0, \frac{\partial^2}{\partial x_2 \partial x_3} - \frac{\partial^2}{\partial x_1 \partial t}, \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_3^2}\right)$$

буда,

$$K_0(t,x,y) = \frac{1}{(2\pi)^3}\int_{R^3} \frac{e^{-\sigma t}}{\xi_2^2+\xi_3^2} e^{i(z,\xi)} d\xi,\ L_0(t,x,y) = \frac{1}{(2\pi)^3}\int_{R^3} \frac{e^{-\sigma t}}{\xi_1^2+\xi_3^2} e^{i(z,\xi)} d\xi \quad (12)$$

мебошанд. Дар ин ҷо$(z,\xi) = z_1\xi_1 + z_2\xi_2 + z_3\xi_3$- зарби скаляриивекторҳои z ва ξ мебошад. Бо$z = y - x = (y_1 - x_1, y_2 - x_2, y_3 - x_3)$ифода шудааст.

Ядроҳои $K_0(t,x,y)$ ва $L_0(t,x,y)$-ро ҳисоб мекунем. Бо ин мақсад аз баробариҳои (12) меёбем:

$$\frac{\partial^2 K_0}{\partial z_2^2} + \frac{\partial^2 K_0}{\partial z_3^2} = -\frac{1}{(2\pi)^3}\int_{R^3} e^{-\sigma t} e^{i(z,\xi)} d\xi,$$

$$\frac{\partial^2 L_0}{\partial z_2^2} + \frac{\partial^2 L_0}{\partial z_3^2} = -\frac{1}{(2\pi)^3}\int_{R^3} e^{-\sigma t} e^{i(z,\xi)} d\xi.$$

Дар асоси формулаи (6)-и [8] ҳосил мекунем:

$$\frac{1}{(2\pi)^3}\int_{R^3} e^{-\sigma t} e^{i(z,\xi)} d\xi = \frac{1}{\pi^{3/2}(t^2 + r_0^2)^2}, r_0^2 = z_1^2 + z_2^2 + z_3^2.$$

Аз ин ҷо бошад, дар асоси теоремаи Лиувилл [9]

$$K_0(t,z) = K_1(t,z_1) + tK(t,z), L_0(t,z) = L_1(t,z_2) + tL(t,z) \quad (13)$$

аст, ки

$$K(t,z) = \frac{1}{\pi^{5/2}}\int_{R^2} ln \frac{1}{\sqrt{(z_2-\tau_2)^2+(z_3-\tau_3)^2}} \frac{d\tau_2 d\tau_3}{(t^2+z_1^2+\tau_2^2+\tau_3^2)^2}, \quad (14)$$

$$L(t,z) = \frac{1}{\pi^{5/2}}\int_{R^2} ln \frac{1}{\sqrt{(z_1-\tau_1)^2+(z_3-\tau_3)^2}} \frac{d\tau_1 d\tau_3}{(t^2+z_1^2+\tau_2^2+\tau_3^2)^2}, \quad (15)$$

буда, $K_1(t,z_1)$ва $L_1(t,z_2)$функсияҳои кифоя суфтаи тағйирёбандаҳояшон мебошанд. Дар тасвири ҳалли ёфтаи мо ҳосилаҳои тартиби дуюми ин функсияҳо ширкат мекунанд. Хусусан, ҳосилаҳои тартиби якум нисбат ба z_2 ва z_3функсияи $K_0(t,z)$ ва ҳосилаҳои тартиби якум нисбат ба z_1 ва z_3 функсияи $L_0(t,z)$ширкат мекунанд. Ин ҳолатро ба назар гирифта, барои осонии кор дар формулаҳои (13) дар таҳти интеграл мувофиқан нисбат ба z_2ва z_3, инчунин, дар баробарии дуюм нисбат ба z_1 ва z_3 ҳосила гирифта меёбем:

$$\frac{\partial K_0}{\partial z_2} = -\frac{1}{5^{5/2}}\int_{R^2} \frac{(z_2-\tau_2)d\tau_2 d\tau_3}{\left[(z_2-\tau_2)^2+(z_3-\tau_3)^2\right]\left[t^2+z_1^2+\tau_2^2+\tau_3^2\right]^2} \quad (16)$$

$$\frac{\partial K_0}{\partial z_3} = -\frac{1}{5^{5/2}}\int_{R^2} \frac{(z_3-\tau_3)d\tau_2 d\tau_3}{\left[(z_2-\tau_2)^2+(z_3-\tau_3)^2\right]\left[t^2+z_1^2+\tau_2^2+\tau_3^2\right]^2} \quad (17)$$

$$\frac{\partial L_0}{\partial z_1} = -\frac{1}{5^{5/2}}\int_{R^2} \frac{(z_1-\tau_1)d\tau_1 d\tau_3}{\left[(z_1-\tau_1)^2+(z_3-\tau_3)^2\right]\left[t^2+z_1^2+\tau_2^2+\tau_3^2\right]^2} \quad (18)$$

$$\frac{\partial L_0}{\partial z_3} = -\frac{1}{5^{5/2}}\int_{R^2} \frac{(z_3-\tau_3)d\tau_2 d\tau_3}{\left[(z_1-\tau_1)^2+(z_3-\tau_3)^2\right]\left[t^2+z_1^2+\tau_2^2+\tau_3^2\right]^2} \quad (19)$$

Дар интегралҳои (16) ва (17) ба системаи координатаҳои қутбие мегузарем, ки марказашон дар нуқтаи (z_2,z_3) воқеъ буда, радиус вектораш ба $\vec{\rho}=(z_2-\tau_2)i+(z_3-\tau_3)j$ мувофиқ меояд, яъне

$z_2-\tau_2=\rho\cos\varphi, z_3-\tau_3=\rho\sin\varphi, 0\le\rho\le\infty, 0\le\varphi\le 2\pi.$ Дар натиҷа ҳосил мекунем:

$$\frac{\partial K_0}{\partial z_2}=-\frac{1}{\pi^{5/2}}\int_0^{\infty}d\rho\int_0^{2\pi}\frac{cos\varphi d\varphi}{[t^2+z_1^2+(z_2-\rho\cos\varphi)^2+(z_3-\rho\sin\varphi)^2]^2},$$

$$\frac{\partial K_0}{\partial z_3}=-\frac{1}{\pi^{5/2}}\int_0^{\infty}d\rho\int_0^{2\pi}\frac{sin\varphi d\varphi}{[t^2+z_1^2+(z_2-\rho\cos\varphi)^2+(z_3-\rho\sin\varphi)^2]^2}.$$

Айнан ба ҳамин монанд, дар интегралҳои (18) ва (19) ба системаи координатаҳои қутбии марказашон дар нуқтаи (z_1,z_3)воқеъбуда гузашта ҳосил мекунем:

$$\frac{\partial L_0}{\partial z_1}=-\frac{1}{\pi^{5/2}}\int_0^{\infty}d\rho_1\int_0^{2\pi}\frac{cos\varphi d\varphi}{[t^2+z_1^2+(z_2-\rho\cos\varphi)^2+(z_3-\rho\sin\varphi)^2]^2},$$

$$\frac{\partial L_0}{\partial z_3}=-\frac{1}{\pi^{5/2}}\int_0^{\infty}d\rho\int_0^{2\pi}\frac{sin\varphi d\varphi}{[t^2+z_1^2+(z_2-\rho\cos\varphi)^2+(z_3-\rho\sin\varphi)^2]^2}.$$

Интеграли дар формулаи (16) бударо ҳисоб кардан мумкин аст. Интеграли дохилиро бо $J_1(\rho)$ишора менамоем. Он гоҳ аз формулаҳои 2.588.2 ва 4 [10с.163] истифода бурда ҳосил мекунем:

$$J_1(\rho)=\int_0^{\pi}\frac{\cos\varphi d\varphi}{[A_0^2-2\rho(z_2\cos\varphi+z_3\sin\varphi)]^2}-\int_0^{\pi}\frac{\cos\varphi d\varphi}{[A_0^2+2\rho(z_2\cos\varphi+z_3\sin\varphi)]^2}=$$

$$=\frac{2\rho z_2}{A_0^4-4(z_2^2+z_3^2)\rho^2}\left[\int_0^{\pi}\frac{\cos\varphi d\varphi}{A_0^4-2\rho(z_2\cos\varphi+z_3\sin\varphi)}+\int_0^{\pi}\frac{\cos\varphi d\varphi}{A_0^2+2\rho(z_2\cos\varphi+z_3\sin\varphi)}\right]=$$

$$=\frac{4\pi z_2\rho}{[A_0^4-4(z_2^2+z_3^2)\rho^2]^{3/2}}.$$

Аз ин ҷо дар асоси формулаи 2.264.6 [10с. 163] меёбем:

$$\frac{\partial K_0}{\partial x_2}=\frac{\partial K_0}{\partial z_2}=K_2(t,x,y)=-\frac{x_2-y_2}{\pi^{3/2}(t^2+(x_1-y_1)^2)(t^2+r_0^2)} \quad (20)$$

Айнан ҳамин тавр,

$$\frac{\partial K_0}{\partial x_3}=\frac{\partial K_0}{\partial z_3}=K_3(t,x,y)=-\frac{x_3-y_3}{\pi^{3/2}(t^2+(x_1-y_1)^2)(t^2+r_0^2)}, \quad (21)$$

$$\frac{\partial L_0}{\partial x_1}=\frac{\partial L_0}{\partial z_1}=L_1(t,x,y)=-\frac{x_1-y_1}{\pi^{3/2}(t^2+(x_2-y_2)^2)(t^2+r_0^2)}, \quad (22)$$

$$\frac{\partial L_0}{\partial x_3}=\frac{\partial L_0}{\partial z_3}=L_3(t,x,y)=-\frac{x_3-y_3}{\pi^{3/2}(t^2+(x_2-y_2)^2)(t^2+r_0^2)} \quad (23)$$

Аз ин ҷо бошад, формулаи (9) намуди зеринро мегирад:

$$U_0(t,x)=t\left[\int_{R^3}\vec{K}_{00}(t,x,y)f_0(y)dy-\int_{R^3}\vec{K}_{01}(t,x,y)f_1(y)dy\right]-$$

$$-\left(t\frac{\partial}{\partial t}-1\right)\left[\int_{R^3}\vec{K}_{02}(t,x,y)f_2(y)dy+\int_{R^3}\vec{K}_{03}(t,x,y)f_3(y)dy\right]$$

ки дар ин ҷо

$$\vec{K}_{00}(t,x,y)=\left(\frac{\partial K_2}{\partial x_2}+\frac{\partial K_3}{\partial x_3},0,\frac{\partial K_2}{\partial t}+\frac{\partial K_3}{\partial x_1},-\frac{\partial K_2}{\partial x_1}+\frac{\partial K_3}{\partial t}\right)(t,x,y),$$
$$\vec{K}_{01}(t,x,y)=\left(0,-\frac{\partial K_2}{\partial x_2}-\frac{\partial K_3}{\partial x_3},\frac{\partial K_2}{\partial x_1}-\frac{\partial K_3}{\partial t},-\frac{\partial K_2}{\partial x_1}+\frac{\partial K_3}{\partial t}\right)(t,x,y),$$
$$\vec{K}_{02}(t,x,y)=\left(-\frac{\partial K_2}{\partial t}-\frac{\partial K_3}{\partial x_1},\frac{\partial K_2}{\partial x_1}-\frac{\partial K_3}{\partial t},-\frac{\partial K_2}{\partial x_2}+\frac{\partial K_3}{\partial x_3},0\right)(t,x,y),$$
$$\vec{K}_{03}(t,x,y)=\left(\frac{\partial K_2}{\partial x_1}-\frac{\partial K_3}{\partial t},\frac{\partial K_2}{\partial t}+\frac{\partial K_3}{\partial x_1},0,-\frac{\partial K_2}{\partial x_2}+\frac{\partial K_3}{\partial x_3}\right)(t,x,y)$$

аст. Айнан ҳамин тавр, формулаҳои (10) ва (11)-ро дар намуди

$$U_0(t,x)=t\left[\int_{R^3}\vec{L}_{00}(t,x,y)f_0(y)dy+\int_{R^3}\vec{L}_{02}(t,x,y)f_2(y)dy\right]-$$
$$-\left(t\frac{\partial}{\partial t}-1\right)\left[\int_{R^3}\vec{L}_{01}(t,x,y)f_1(y)dy+\int_{R^3}\vec{L}_{03}(t,x,y)f_3(y)dy\right]$$
$$U_0(t,x)=-\left(t\frac{\partial}{\partial t}-1\right)\left[\int_{R^3}\vec{K}_{00}(t,x,y)f_0(y)dy-\int_{R^3}\vec{K}_{01}(t,x,y)f_1(y)dy\right]-$$
$$-t\left[\int_{R^3}\vec{K}_{02}(t,x,y)f_2(y)dy+\int_{R^3}\vec{K}_{03}(t,x,y)f_3(y)dy\right]$$

навиштан мумкин аст, ки дар ин ҷо

$$\vec{L}_{00}(t,x,y)=\left(\frac{\partial L_1}{\partial x_1}+\frac{\partial L_3}{\partial x_3},-\frac{\partial L_1}{\partial t}+\frac{\partial L_3}{\partial x_3},0,-\frac{\partial L_1}{\partial x_3}-\frac{\partial L_3}{\partial t}\right)(t,x,y)$$
$$\vec{L}_{01}(t,x,y)=\left(-\frac{\partial L_1}{\partial t}+\frac{\partial L_3}{\partial x_3},\frac{\partial L_1}{\partial x_1}+\frac{\partial L_3}{\partial x_3},\frac{\partial L_1}{\partial x_2}+\frac{\partial L_3}{\partial t},0\right)(t,x,y),$$
$$\vec{L}_{02}(t,x,y)=\left(0,-\frac{\partial L_1}{\partial x_2}-\frac{\partial L_3}{\partial t},-\frac{\partial L_1}{\partial x_1}-\frac{\partial L_3}{\partial x_3},-\frac{\partial L_1}{\partial x_2}+\frac{\partial L_3}{\partial x_2}\right)(t,x,y),$$
$$\vec{L}_{03}(t,x,y)=\left(-\frac{\partial L_1}{\partial x_1}-\frac{\partial L_3}{\partial t},0,-\frac{\partial L_1}{\partial t}+\frac{\partial L_3}{\partial x_2},\frac{\partial L_1}{\partial x_1}+\frac{\partial L_3}{\partial x_3}\right)(t,x,y)$$

мебошанд.

Бевосита санҷидан мумкин аст, ки ядроҳои сохташуда ҳангоми $t>0$будан функсияҳои гармоникӣ буда, муодилаҳои системаи (1) ва ҳангоми $t=0$ будан шартҳои канории гузошташударо қаноат мекунонанд. Ҳамин тавр, теорема пурра исбот шуд.

АДАБИЁТ

1. Янушаускас А. Задача о наклонной производной теории потенциала/А. Янушаускас. -Новосибирск: Наука СО. 1985.-262с.
2. Бицадзе А.В. Об единственности решения задачи Дирихле для эллиптических уравнений с частными производными /А.В. Бицадзе. Успехи матем.наук 1948. т.3. № 6. -С. 211 - 112.
3. Математическая энциклопедия// 1.1 Бицадзе уравнения. М.: Советская энциклопедия 1977. - 449 с.
4. Джураев А.Д. Методы сингулярных интегральных уравнений/ А.Д.Джураев. - М.: Наука, 1987. – 416 с.
5. Халилов Ш.Б. Краевая задача для одной несильно эллиптической системы в четырехмерном пространстве/Ш.Б.Халилов. Материалы международной конф. “Современные проблемы и приложения алгебры, теории чисел и математического анализа» посвященной 60-летию академика АН РТ, профессора Рахмонова З.Х. и члена корреспондента АН РТ, профессора Исхокова С.А. (Душанбе 13-14 декабря 2019). - С. 258-261.
6. Халилов Ш.Б. Масъалаи канорӣ барои як системаи ғайриқавии эллипсӣ дар фазои чорченак//Ш.Б.Халилов. Маводҳои конференсияи илмии байналмилалӣ, бахшида ба 70-солагии профессор Ҷангибеков Гулхоҷа “Муодилаҳои интегралии сингулярӣ ва муодилаҳои дифференсиалӣ бо коэффитсиентҳои сингулярӣ” (Душанбе, 30-31 январи с 2020). - С. 290-292.
7. Янушаускас А.И. Граничные задачи для эллиптических уравнений в частных производных и интегро-дифференциальные уравнения/ А.И.Янушаускас. -Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та. 1997. – 168 с.

8. Шилов Г. Математический анализ/ Г.Шилов. Второй Спец. Курс // М.: Наука, 1965, - 328с.
9. Соболев С.Л. Уравнения математической физики/С.Л.Соболев. – М.: Наука, 1966. – 444 с.
10. Градштейн П.С. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений /П.С.Градштейн, И.М.Рыжик. – М.: Наука, 1971. – 1108 с.

REFERENCES LITERATURE

1. Yanushauskas A. The problem of the oblique derivative of the theory of potential / A. Janushauskas. -Novosibirsk: Science SB. 1985.-262 p.
2. Bitsadze A.V. The uniqueness of the solution to the Dirichlet problem for elliptic partial differential equations / A.V. Bitsadze. Uspekhi matem.nauk 1948.vol. 3. No. 6. -pp. 211 - 112.
3. Mathematical encyclopedia // 1.1 Bitsadze equations. M .: Soviet Encyclopedia 1977 .-- 449 p.
4. Dzhuraev A.D. Methods of singular integral equations / A.D. Dzhuraev. - M .: Nauka, 1987 .- 416 p.
5. Khalilov Sh.B. Boundary value problem for one slightly elliptic system in four-dimensional space / Sh.B. Khalilov. Materials of the international conference. "Modern problems and applications of algebra, number theory and mathematical analysis" dedicated to the 60th anniversary of the academician of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, professor Rakhmonov Z.Kh. and Corresponding Member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Professor S.A. Iskhokov. (Dushanbe December 13-14, 2019). - pp. 258-261.
6. Khalilov Sh.B. The issue of leaks through a strongly elliptical systems // Ş.B.Xalilov space. Materials of international scientific conference, dedicated to the 70 anniversary of Professor Jangiвekov Gulchoja " systems integral singular and systems differentialsӣ with coefficients singular" (Dushanbe, January 30-31, 2020). - pp. 290-292.
7. Yanushauskas A.I. Boundary value problems for elliptic partial differential equations and integro-differential equations / A.I. Yanushauskas. -Irkutsk: Publishing house Irkut. un-that. 1997 .- 168 p.
8. Shilov G. Mathematical analysis / G. Shilov. Second Special. Course // M .: Nauka, 1965, - 328s.
9. Sobolev S.L. Equations of mathematical physics / S.L. Sobolev. - M .: Nauka, 1966 .-- 444 p.
10. Gradshtein P.S. Tables of integrals, sums, series and products / P.S. Gradshtein, I.M. Ryzhik. - Moscow: Nauka, 1971. - 1108 p.

ОИД БА КОРРЕКТИЯТИ МАСЪАЛАИ КАНОРӢ БАРОИ ЯК СИСТЕМАИ ҒАЙРИҚАВИИ ЭЛЛИПСӢ ДАР ФАЗОИ ЧОРЧЕНАК

Пас аз пайдо шудани системаи А.В.Битсадзе масъалаи раддабандии системаҳои навъи эллипсӣ вобаста ба ҳалшавандагии масъалаҳои канорӣ ба миён омад. Муаллифони гуногун шаклҳои гуногуни раддабандии ин гуна системаҳоро пешниҳод намудаанд, ки ҳамаи онҳо ба проблемаи бамиёномада чавоби пурраю саҳҳеҳ намедиҳанд. Масалан, агар системаи муодилаҳои ба ақидаи Петровский эллипсии қавӣ бошанд, масъалаҳои канории классикӣ, ҳеҷ набошад, масъалаи Дирихле, барои онҳо корректӣ гузошта шудаанд. Аммо маҷмӯи зиёди системаҳои ғайри қавии эллипсӣ вуҷуд доранд, ки барои онҳо низ ин гуна масъалаҳои канорӣ корректианд. Дар мақола масъалаи канорӣ барои як намуди махсуси системаи муодилаҳои ба ақидаи Петровский эллипсии чорченаки муодилаҳои тартиби дуюм, ки шарти қавии эллипсӣ буданро қаноат намекунонанд, мавриди таҳқиқ қарор гирифтааст.Системаи муоинашаванда ба синфиQ-и системаи муодилаҳои тартиби дуюми ба ақидаи Петровский эллипсӣ тааллуқ доранд, ки хеле кам омӯхта шудааст. Пештар аз тарафи мо нишон дода шуда буд, ки масъалаи канории D, ки барои системаҳои ғайриқавии эллипсии қисми асосиашон симметрӣ корректӣ аст, барои ин система ғайрикорректӣ гузошта шудааст. Бо вуҷуди ин, барои системаи муоинашаванда дар ин ҷо гузориши корректии масъалаи канорӣ ёфта шудааст. Дар масъалаи гузошташуда қисме аз компонентаҳои вектор-функсияи чустучӯшаванда шартҳои канории навъи Нейманро қаноат мекунанд ва қисми дигари онҳо шартҳои канории навъи Дирихлеро. Нишон дода шудааст, ки агар дар ҳайати шартҳои канорӣ шумораи шартҳои канории навъи Дирихле ва Нейман ба ҳам баробар бошанд, масъалаи гузошташуда дар нимфазо дар синфи функсияҳои дар беохирӣ регулярӣ якқимата ҳалшаванда аст ва ҳалли он дар намуди ошкор навишта шудааст.

Калидвожаҳо: системаи муодилаҳои ба ақидаи Петровский эллипсӣ,системаҳои қавии эллипсӣ, системаҳои ғайриқавии эллипсӣ, масъалаи канорӣ, шартҳои канории навъи Дирихле, шартҳои канории навъи Нейман, синфи функсияҳои дар беохирӣ регулярӣ, табдилдиҳии Фурйе, теоремаи Лиувилл, нимфазо, масъалаҳои корректии гузошташуда, операторҳои дифференсиалии матритсавӣ.

КРАЕВАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ ОДНОЙ ЭЛЛИПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В ЧЕТЫРЕХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

После появления системы А.В.Бицадзе в теории краевых задач для эллиптических по Петровскому систем уравнений возник проблему гомотопической классификаций таких систем ко характеру разрешимости классических граничных задач. Разные авторы различным способом классифицировали таких систем по характеру разрешимости классических граничных задач. Но все эти классификации однозначного полного ответа на данной проблеме не дают. Например, классические граничные задачи для сильно эллиптических систем поставлены корректно. Но существуют безчисленно много не сильно эллиптических систем для которых, также, по крайней мере задача Дирихле, поставлена корректна. В настоящей статье исследуетсяодного типа краевой задачи для одной четырехмерной эллиптической по Петровскому системы уравнения второго порядка, для которой нарушается условия сильной эллиптичности. Рассматриваемая система относится гомотопическому классу Q системы уравнения второго порядка эллиптическому по Петровскокой, которые изучены очень мало. Раньше нами было показано, что краевая задача D, котой была поставлена корректна и для системы с симметричной главной части, в этом случае поставлена некорректна. Несмотря на это, для рассматриваемой системы здесь найдено корректной постановкой краевой задачи. В рассматриваемых краевых задач часть компоненты искомай вектор-функсия удовлетворяет граничные условия типа Неймана, а другой часть компоненты удовлетворяют условия типа Дирихле. Показывается, что если число краевые условий типа Дирихле и Неймана в краевой задаче совпадают поставленная краевая задача в классе регулярных на бесконечности функций однозначно разрешима и имеет единственное решение и это решение записывается в явном виде.

Ключевые слова: эллиптические по Петровскому системы, сильно эллиптические системы, несильно эллиптические системы, краевые задачи, краевые условий типа Дирихле, краевые условий типа Неймана, класс регулярных на бесконечности функций, Преобразование Фурье, теорема Лиувилля, полупространство, корректно поставленные задачи, матричные дифференциальные операторы.

BOUNDARY-VALUE PROBLEM FOR ONE ELLIPTIC SYSTEM IN FOUR-DIMENSIONAL SPACE

After the appearance of the system A.V. Bitsadze's in the theory of boundary value problems for systems of equations elliptic in the sense of Petrovsky, the problem ofhomotopy classification of such systems to the character of solvability of classical boundary value problems arose. Different authors have classified such systems in different ways according to the nature of the solvability of classical boundary value problems. But all these classifications do not give an unambiguous complete answer to this problem. For example, the classical boundary value problems for strongly elliptic systems are well posed. But there are an infinite number of not strongly elliptic systems for which, at least, the Dirichlet problem is wellposed. In this article, we study one type of boundary value problem for one four-dimensional elliptic in the sense of Petrovsky system of second-order equations, for which the strong ellipticity conditions are violated. The system under consideration belongs to the homotopy class Q of the system of equations of the second order, elliptic in the sense of Petrovskaya, which have been studied very little. Earlier we showed that the boundary value problem D, which was posed well for a system with a symmetric principal part, in this case was posed incorrectly. Despite this, for the system under consideration, the correct formulation of theboundary value problem was found here.In the considered boundary value problems, part of the component of the sought vector function satisfies the Neumann-type boundary conditions, and the other part of the component satisfies the Dirichlet-type conditions. It is shown that if the number of boundary conditions of the Dirichlet and Neumann type in the boundary value problem coincide, the formulated boundary value problem in the class of functions regular at infinity is uniquely solvable and has a unique solution, and this solution is written explicitly.

Keywords: Petrovsky elliptic systems, strongly elliptic systems, slightly elliptic systems, boundary value problems, Dirichlet-type boundary conditions, Neumann-type boundary conditions, class of functions regular at infinity, Fourier transform, Liouville's theorem, half-space, well-posed problems, matrix differential operators.

Маълумот дар бораи муаллифон: ***Халилов Шавкат Бобоевич*** – Институти илмӣ таҳқиқотии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, номзади илмҳои физикаю математика, мудири шӯъбаи риёзиёт. **Суроға:** 734025, Тоҷикистон, ш.Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. Тел.: 918180752. E-mail: shavkat-khaliliv@mail.ru.
Халилова Моҳчеҳра Шавкатовна – Институти илмӣ-таҳқиқотии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, номзади илмҳои физикаю математика, ходими калони илмии шуъбаи риёзиёт. **Суроға:** 734025, Тоҷикистон, ш.Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. Тел.: 93 575 55 27. E-mail: mohhalilova@gmail.com.

Сведения об авторов: ***Халилов Шавкат Бобоевич*** – Научный исследовательский институт Таджикского национального университета, кандидат физико-математических наук, заведующий отдел математики. **Адрес:** Таджикистан, 734025, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. Тел.: 918180752E-mail: shavkat-khaliliv@mail.ru.
Халилова Мохчехра Шавкатовна – Научный исследовательский институт Таджикского национального университета, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник отдела математики. **Адрес:** Таджикистан, 734025, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. Тел.: 918180752E-mail: shavkat-khaliliv@mail.ru.

Information about the authors: ***Khalilov Shavkat Boboevich*** – Scientific Research Institute of the Tajik National University, candidate of physical and mathematical sciences, head of the department of mathematics. **Address**: 734025, Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **Ph**.: 918180752. **E-mail**: shavkat-khaliliv@mail.ru.
Khalilova Mokhchehra Shavkatovna – Scientific Research Institute of the Tajik National University, Ph.D. in Physics and Mathematics, senior researcher at the Department of Mathematics. **Address**: 734025, Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **Ph**.: 935755527. **E-mail**: mashka01@inboxl.ru.

УДК: 510.6

БИНАРНОЕ ОТНОШЕНИЕ И ВИДЫ ОТОБРАЖЕНИЙ

Собиров А.Ш.
Таджикский национальный университет

1. Бинарное отношение идекартового произведения

Два элемента взятые в определённом порядке понимаются как пара элементы. Пару элементов a и b обозначим через $(a; b)$, где a первый элемент и b второй элемент пары.

Две пары $(a_1; b_1)$ и $(a_2; b_2)$ называются равными или совпадающими, тогда и только тогда когда $a_1 = a_2$ и $b_1 = b_2$. Равные пары обозначают $(a_1, b_1) = (a_2; b_2)$. Элементы пары могут быть одинаковыми, как (a,a). Если $a \neq b$, тогда $(a,b) \neq (b,a)$. Если для действительных чисел $x, y \in \mathcal{R}$ составить пару (x,y),тогда она совпадает только с одной точкой плоскости и наоборот, каждая точка плоскости совпадает с одной парой действительных чисел. Поэтому иногда пара действительных чисел называются "точкой плоскости" или просто "точкой ".

Поэтому для $x \neq y$ точки (x, y) и (y, x),являются разными.

Определение 1. Любое отношение между двумя элементами, называются бинарным отношением.

Слова ***bi*** (два) и ***nari*** (член) вместе со словом«бинарное» означает двухчленное.

Определение 2. [1, стр. 188] Декартовым произведением множества $\mathcal{A}$ и $\mathcal{B}$ называются множества упорядоченных пар элементов, первый из которых относится множеству $\mathcal{A}$ и второй относится к множеству B.

Это определение на языке логических символов пишется так:

$\mathcal{A} \times \mathcal{B} = \{ \forall (x, y), x \in \mathcal{A} \wedge y \in \mathcal{B}\}$.

Например. $\mathcal{A} = \{1, 2, 7\}$, $\mathcal{B} = \{ \ell n\, 4, \sqrt{5}\}$

$\mathcal{A} \times \mathcal{B} = \{ (1, \ell n4), (1, \sqrt{5}), (2, \ell n4), (2, \sqrt{5}), (7, \ell n4), (7, \sqrt{5}) \}$

$\mathcal{B} \times \mathcal{A} = \{ (\ell n4, 1), (\sqrt{5}, 1), (\ell n4, 2), (\sqrt{5}, 2), (\ell n4, 7), (\sqrt{5}, 7) \}$

Видно, что $\mathcal{A} \times \mathcal{B} \neq \mathcal{B} \times \mathcal{A}$, т.е. декартовое произведение двух множеств не отвечает закону коммутативности. В жизни можно привести, много примеров которыене отвечают закону коммутативности. Например, умножение матриц, задачи и проблемы в области земледелия, в строительстве, в медицине в законодательстве и так далее.

Если $\mathcal{A} = \mathcal{B}$, тогда$\mathcal{A} \times \mathcal{B} = \mathcal{A} \times \mathcal{A} = \{ \forall (x, y), x \in \mathcal{A} \wedge y \in \mathcal{A}\} =$

$= \mathcal{A}^2$ –называется – декартовый квадрат множества $\mathcal{A}$.

Множество$\mathcal{R}$ x $\mathcal{R} = \mathcal{R}^2$ - множество всевозможных пар вещественных чисел, образуют множество точек плоскостей или декартовой плоскости или просто плоскости.

Например, 1 [2] $\{\forall (x, y) \in \mathcal{N}^2 \wedge y = x\} = \{\forall (n, n) n \in \mathcal{N}\}$ – множество целых точек с равными натуральными координатами.

1. 2. $\{\forall (x, y) \in \mathcal{N}^2 \wedge y \geq x\}$.

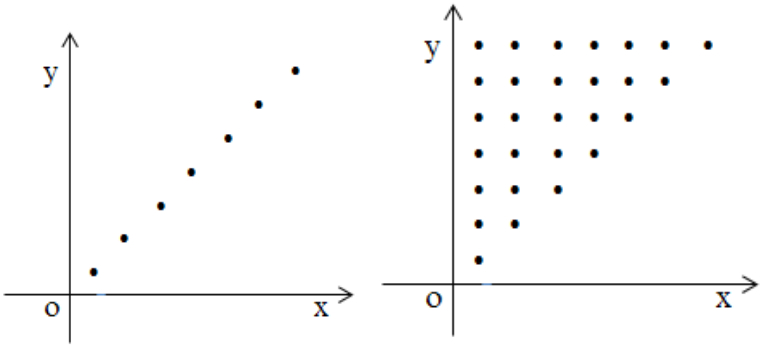
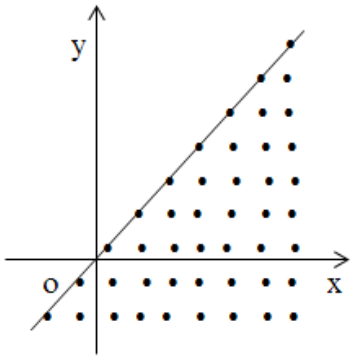


Рис. 1.*Fig.:*

*1.*Рис. 2. *Fig.:2*

3. $\{\forall(x,y) \in z^2 y \leq x\}$все целые точки нижней правой полуплоскости относительно



прямого $y = x$ (указанной области).

Рис. 3. *Fig.:3.*

4. $\{\forall (x, y) \in Z^2 \wedge y \leq |x-1|\}$ - (целые точки указанной области) рис. 4.

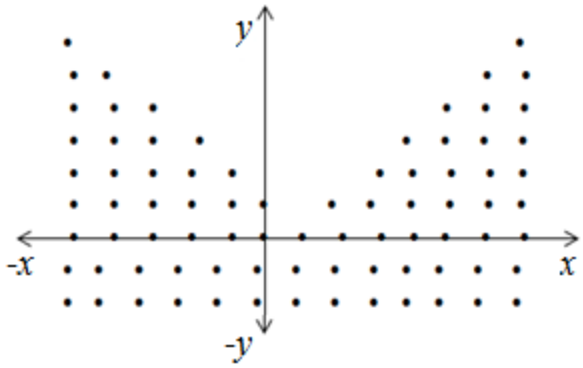


Рис. 4.Геометрическое представление решение неравенство $y \geq (x-1)$ ***в множестве пара целых чисел***

Fig.: 4.Geometric representation solution inequality y≥ (x-1) in the set of a pair of integers

5.

$\{\forall\,(x, y) \in \mathcal{R}^2 \wedge y \geq \cos x\}$.

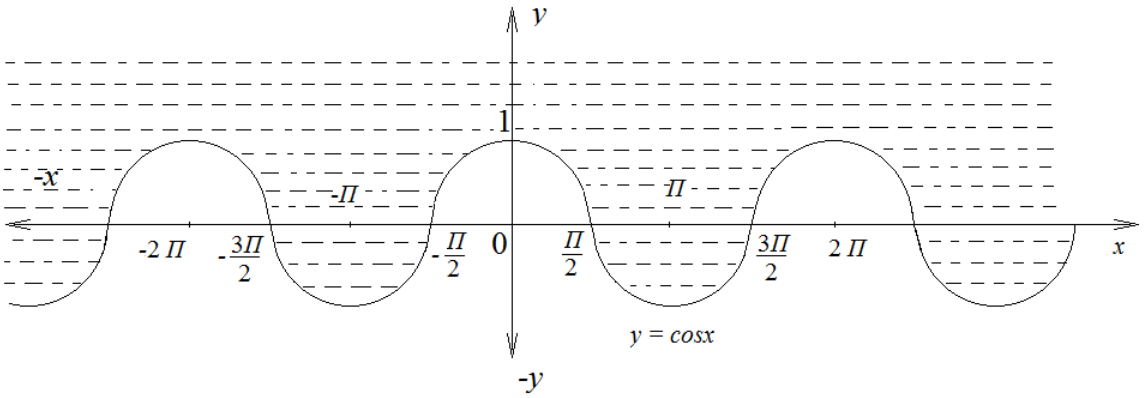


Рис. 5.Геометрическое представление решение неравенство $y \geq \cos x$

Fig.: 5.Geometric representation solution inequality $y \geq \cos x$

С другой стороны заштрихованная область выше косинусоидыесть область решения неравенство$y \geq \cos x$ или бинарное отношение с условием $y \geq \cos x$.

6. $\{\forall\,(x, y) \in \mathcal{R}^2 \wedge y \leq \ell n\,(x-1)\}$, [3].

x	2	$1+e$	$2+e$	…
$\ell n\,(x-1)$	0	1	$\ell n(1+e)$	…

Таб. 1. Координаты некоторых точек кривой линии $y=\ell n\,(x-1)$

Tab.: 5.Coordinates of some points of the curved line $y=\ell n\,(x-1)$

Рис. 6.

Fig.: 6.

Координаты точек заштрихованной области ниже кривого, есть данное бинарное отношение с условием $y \leq \ell n\,(x-1)$.

7. $\{\forall\,(x, y) \in \mathcal{N}^2 \wedge (x-2)^2+(y-1)^2 \leq 16\}=$

$\{(1;1),(1;2),(1;3),\ (1;4),(2;1),(2;2),(2;3),(2;4),(2;5),(3;1),(3;2),$ (3; 3),(3; 4),

(4;1),(4; 2), (4; 4), (5; 1), (5; 2), (5; 3), (6; 1)}-

множество целых *точек данного круга расположенные в первой четверти*координатной системы.

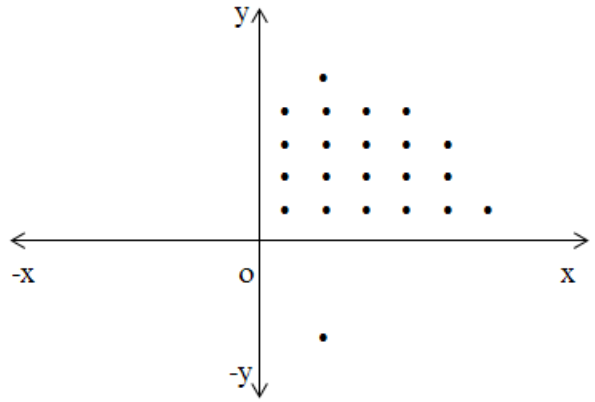


Рис. 7.
Fig.: 7.

Замечание. Если заменить множество $\mathcal{N}$ *на множестве* $\mathcal{R}$, тогда получается множество всех точек, принадлежащие в кругу с центром в точки (2,1) и радиусом r = 4.

2. Декартовое произведение n множеств

Декартовое произведение n множеств на языке логических знаков определяются так [4]:

$\mathcal{A}_1 \times \mathcal{A}_2 \times \ldots \mathcal{A}_n = \{ \forall (x_1, x_2, \ldots x_n), x_1 \in \mathcal{A}_1 \wedge x_2 \in \mathcal{A}_2 \wedge \ldots \wedge x_n \in \mathcal{A}_n \}$

Если. $\mathcal{A}_1 = \mathcal{A}_2 = \ldots = \mathcal{A}_n = \mathcal{A}$, тогда $\mathcal{A} \times \mathcal{A} \times \ldots \times \mathcal{A} = \mathcal{A}^n =$

$= \{\forall (x_1, x_2, \ldots \quad x_n), \quad x_1, \quad x_2, \ldots \quad x_n \in \mathcal{A} \}$,где $\mathcal{A}^n -$ *называется*декартовой степеньюn множество $\mathcal{A}$.

Пример 1. Составим для множеств$\mathcal{A}_1 = \{1, 2, 3\}, \mathcal{A}_2 = \{ m, n, p\}$,

$\mathcal{A}_3 = \{\alpha, \beta\}$ *декартовое произведение* $\mathcal{A}_1 \times \mathcal{A}_2 \times \mathcal{A}_3$.

$\mathcal{A}_1 \times \mathcal{A}_2 \times \mathcal{A}_3 = \{(1, m, \alpha), (1, m, \beta), (1, n, \beta), (2, m, \alpha), (2, m, \alpha),$

$(2, m, \beta), (2, n, \alpha), \ (2, n, \beta), (2, p, \alpha), (2, p, \beta), (3, m, \alpha), (3, m, \beta),$

$(3, p, \alpha), (3, p, \beta), (3, n, \alpha), (3, n, \beta), (1, p, \alpha), (1, p, \beta)\}$ и количество элементов этого множества равно 3·3·2 = 18.

Геометрически это показывает 18 пространственных точек в декартовой системе координат.

Пример 2. $\mathcal{R}^3 = \mathcal{R} \times \mathcal{R} \times \mathcal{R} -$ показывает множество точек трёхмерного декартового пространства.

Пример 3. Для произвольных множеств $\mathcal{A}, \mathcal{B}, \mathcal{C}$ имеет место равенство: $(\mathcal{A} \cup \mathcal{B}) \times \mathcal{C} = (\mathcal{A} \times \mathcal{C}) \cup (\mathcal{B} \times \mathcal{C})$.

Доказательство

$(\mathcal{A} \cup \mathcal{B}) \times \mathcal{C} = \{\forall (x, y) x \in (\mathcal{A} \cup \mathcal{B}) \wedge y \in \mathcal{C}\} == \{\forall (x, y), (x \in \mathcal{A} \vee x \in \mathcal{B}) \wedge y \in \mathcal{C}\} = \{\forall (x,$

$y), (x \in \mathcal{A} \wedge y \in \mathcal{C}) \vee (x \in \mathcal{B} \wedge$

$\wedge y \in \mathcal{C})\} = \{\forall (x, y), (x, y) \in \mathcal{A} \times \mathcal{C} \vee (x, y) \in \mathcal{B} \times \mathcal{C}\} = (\mathcal{A} \times \mathcal{C}) \cup (\mathcal{B} \times \mathcal{C})$.

Пример 4.Представит декартовоепроизведение в чертеже$[2;5] \times ([3;5] \cup [6;7])$

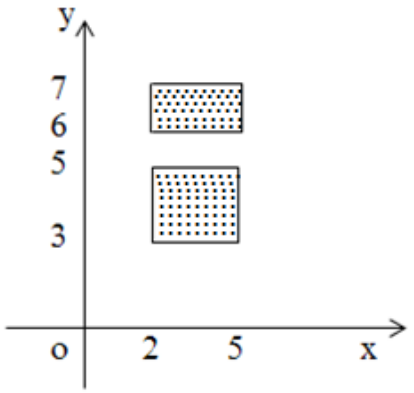


Рис.8. Геометрическое представление данное декартовое произведение
Fig. 8. Geometric representation of a given Cartesian product

Пример 5. Разъяснить декартовое произведение $\{\forall(x,y,z) \in \mathcal{R}^3$ с условием $x^2+y^2+z^2 \leq 25\}$

Это декартовое произведение представляет собой множество точек трёхмерного пространства принадлежащий 16а поверхности данной центральной сферы и внутренних точек этой сферы с радиусом z=5, а это есть алгебраическое решение неравенство $x^2+y^2+z^2 \leq 25$.

Пример 6.Построить декартовое произведение: $[3; 7] \times ([1; 6] \cup \{7\})$

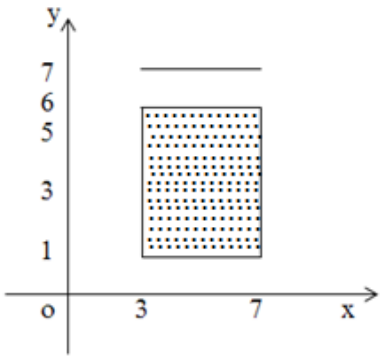


Рис.9. Геометрическое представление данные декартовое произведение
Fig. 9. Geometric representation data Cartesian product

7.Представить следующие множества бинарных отношений и декартовых произведений в чертеже[5]:

а. $[0; 1] \times [0; 1] = [0; 1; 0; 1]$

б. $[2; 3] \times [4; 5] = [2; 3; 4; 5]$

в. $[1; 5] \times \{2\}$

г. $\{2\} \times [1; 5]$

д. $[0; 1] \times [0; 3]$

е. $\{1; 2; 3\} \times [1; 2]$

ё. $([0; 1] \cup [2; 3]) \times [1; 2]$

ж. $[1; 3] \times (\{2; 3\} \cup [4; 5])$

з. $([1; 5] \cap [3; 6]) \times [1; 3]$

и. $\{1; 2; 3\} \times \{-2; -1; 5; 6\}$

к. Доказать, следующих равносильных формул с помощью логических символов:

$\mathcal{A} \times (\mathcal{B} \cup \mathcal{C}) = (\mathcal{A} \times \mathcal{B}) \cup (\mathcal{A} \times \mathcal{C})$.

л. $(\mathcal{A} \cup \mathcal{B}) \times (\mathcal{C} \cup D) = (\mathcal{A} \times \mathcal{C}) \cup (\mathcal{B} \times \mathcal{C}) \cup (\mathcal{A} \times D) \cup (\mathcal{B} \times D)$

м. $(\mathcal{A} \backslash \mathcal{B}) \times \mathcal{C} = (\mathcal{A} \times \mathcal{C}) \backslash (\mathcal{B} \times \mathcal{C})$

н. $\mathcal{A} \times (\mathcal{B} \backslash \mathcal{C}) = (\mathcal{A} \times \mathcal{B}) \backslash (\mathcal{A} \times \mathcal{C})$

о. $\mathcal{A} \times \mathcal{B} = (\mathcal{A} \times D) \cap (\mathcal{C} \times \mathcal{B})$, где $\mathcal{A} \subseteq \mathcal{C}$ и $\mathcal{B} \subseteq D$.

3. Отображение множества на множестве.

Понятие функция встречается из школьного курса математики.

Теперь понятиефункцияс помощью теории множеств изложим на современной форме.

Рассмотрим следующий пример[6]: Дедушка принёс подарки своим внукам. $\mathcal{A} = \{a, b, c\}$-множество подарок и $\mathcal{B} = \{m, n, p\}$– множествовнуков. Ясно что подарки можно распределить поразному. Рассмотрим следующие варианты:

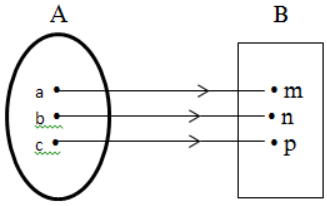


Рис.10. Fig.10.

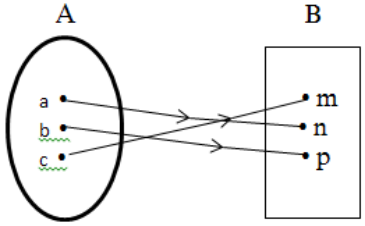


Рис.11. Fig.11.

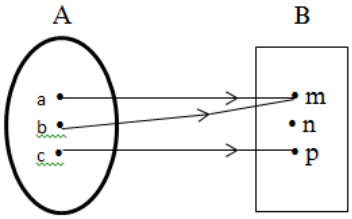


Рис.12. Fig.12.

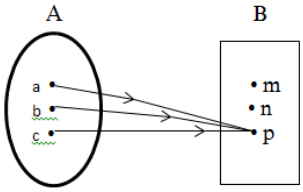


Рис.13. Fig.13.

Эскиз варианты распределение подарки внукам

Sketch options for the distribution of gifts to grandchildren

Отсюда видно, что подарки можно разделить по одному, два подарка одному внуку, один подарок одному и один внук остаётся без подарка, кроме того, все подарки можно дать одному внуку. Один подарок двум внукам или трём внукам распределить не возможно. Во всех случаях видно, что каждый элемент множества $\mathcal{A}$ соответствует только одному элементу множества $\mathcal{B}$.

Такое соответствие называется отображение множества $\mathcal{A}$ на множестве $\mathcal{B}$ или функция с областью определения множества $\mathcal{A}$ и принимает значение из множества $\mathcal{B}$. Выше приведённые примеры были конечные множества $\mathcal{A}$ *и* $\mathcal{B}$.

Теперь приведём примеры для бесконечных множеств.

Пусть $\mathcal{A} = \mathcal{N} = \{1,2,\ldots,n,\ldots\}$ и$\mathcal{B} = \{1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \ldots, \frac{1}{n} \ldots\}$ – множества обратных натуральных чисел.

Каждому натуральному числу x сопоставим обратное ему $\frac{1}{x}$. Если соответствие выразить через f, тогда можно написать $x \xrightarrow{f} \frac{1}{x}$ и читается оно так: f отображает число, x на число $\frac{1}{x}$, это в математике коротко обозначается таким образом: $f(x) = \frac{1}{x}$.

Множества $\mathcal{A}$ *и* $\mathcal{B}$ могут быть одинаковыми.

Например: $\mathcal{A} = \mathcal{B} = \mathcal{R}$ и сопоставим каждому x, x^2: $x \xrightarrow{f} x^2$ или $f(x) = x^2$. Мы получим отображение $\mathcal{R}$ на $\mathcal{R}$. Теперь дадим общее определение отображения множества $\mathcal{A}$ на множестве $\mathcal{B}$.

Определение. Отношение f соответствующая каждому элементу множества $\mathcal{A}$, и только одному элементу множества $\mathcal{B}$, называется отображение множество $\mathcal{A}$ на множества $\mathcal{B}$, или функцией с областью определение на множестве $\mathcal{A}$ и областью значение в множестве $\mathcal{B}$.

Это определение коротко пишется так: $f : \mathcal{A} \longrightarrow \mathcal{B}$, или $\mathcal{A} \xrightarrow{f} \mathcal{B}$ или

$x \xrightarrow{f} f(x), x \in \mathcal{A}, f(x) \in \mathcal{B},$ где $f(x)$ есть значение функции, или образ x в отображении f, или прообраз.

Если отображение f сопоставить элементу $x \in \mathcal{A}$, элемент $y \in \mathcal{B}$, тогда это пишется $f(x) = y$ или $f: x \to y$ и x – отображающий, y – отображение.

Элементы множества $\mathcal{A}$ называются областью определения функции

f, где его аргумент $x \in \mathcal{A}$.

Множество элементов $\mathcal{B}$, называются множество значений функции f, или его областью изменения. Если $\mathcal{A} = \mathcal{B}$, тогда это означает отображение f множества $\mathcal{A}$ сам на себе.

4. График отображения (функция) и его виды

Обозначим график функции f через Γ_f.

Определение [7]. $\Gamma_f\{\forall (x,y) \in \mathcal{A} \times \mathcal{B} \wedge y = f(x)\}$.

Рассмотрим три вида отображений:

1. Сюръективное отображение. Если каждый элемент множества $\mathcal{B}$

является отображением, по крайней мере одного элемента множества $\mathcal{A}$, т.е. $f(\mathcal{A}) = \mathcal{B}$, тогда f называется сюръективным отображением.

Пример 1.

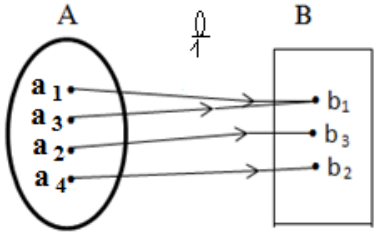


Рис.14. Образец сюръективного отображения
Fig.14. Surjective mapping pattern

$\Phi(a_1) = b_1$, $\Phi(a_3) = b_1$, $\Phi(a_2) = b_3$, $\Phi(a_4) = b_2$.

2. Отображение $x \xrightarrow{f} x^2$ в множестве $\mathcal{R} \times \mathcal{R}_0 = \mathcal{A} \times \mathcal{B}$, является сюръективным, где $\mathcal{R}_0$ множество неотрицательных вещественных чисел.

$0 \xrightarrow{f} 0,\ f(0) = 0$

$\pm 1 \xrightarrow{f} 1, f(\pm 1) = 1$

$\pm 2 \xrightarrow{f} 4, f(\pm 2) = 4$

$\pm\sqrt{5} \xrightarrow{f} 5, f(\pm\sqrt{5}) = 5$

$\pm a \xrightarrow{f} a^2, f(\pm a) = a^2$

$\pm 3 \xrightarrow{f} 9, f(\pm 3) = 9$

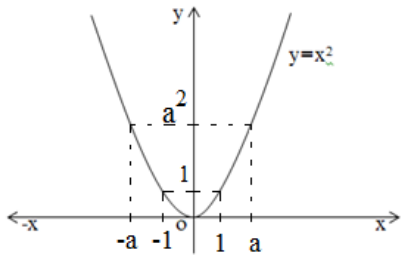


Рис.15. График отображения $f: x \to x^2$

или $f: (x) = x^2$

Fig. 15. Graph of the mapping $f: x \to x^2$ or $f: (x) = x^2$

2.Инъективное отображение. Если каждый элемент множества $\mathcal{B}$ является отображением не более одного элемента множества $\mathcal{A}$, то такое отображение называется инъективным.

На диаграмме это выглядит так:

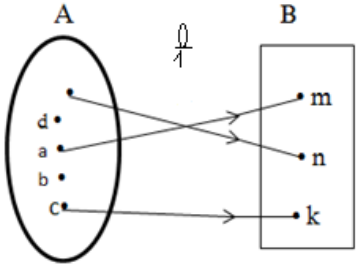


Рис.16 Эскиз инъективного отображения
Fig. 16 Sketch of injective mapping

Множество $\mathcal{A}$ может иметь такие элементы, которые своего отображения в множестве $\mathcal{B}$ не имеют.

Например отображение $x \xrightarrow{f} \sqrt{x}\log_2 x$в множестве $\mathcal{A} \times \mathcal{B} = \mathcal{R} \times \mathcal{R}$ является инъективным, так число 0 и все отрицательные действительные числа не имеют своего отображенияв множестве $\mathcal{R}$=$\mathcal{B}$.

3. Биективное отображение. Отображение которое является заодно сюръективным и инъективным называется биективным отображением. Биективное отображение ещё называется взаимно однозначным отображением.

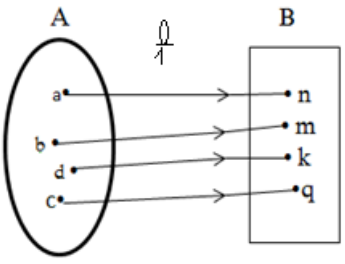


Рис.17. Эскиз биективного отображение
Fig. 17. Sketch bijective mapping

$f\ (a) = n, f\ (b) = m,$

$f(1) = k, \quad f(c) = q.$

Пример. Отображение $x \xrightarrow{f} -x+3$ в множестве $\mathcal{R}$ на $\mathcal{R}$ является биективным:

$0 \xrightarrow{f} 3$

$1 \xrightarrow{f} 2$

$2 \xrightarrow{f} 1$

$3 \xrightarrow{f} 0$

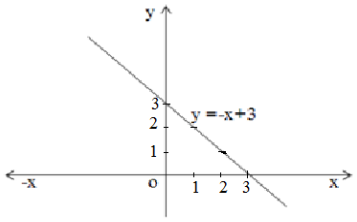


Рис. 18. График отображения $f(x) = -x+3$

Fig.: 18. Graph of display $f(x) = -x+3$

5. Обратное отображение (обратная функция)

Обратное отображение связанно с биективным отображением [8].

Если дано биективное отображение $\mathcal{A} \xrightarrow{f} \mathcal{B}$, тогда его обратное отображение обозначается через $\mathcal{B} \xrightarrow{f^{-1}} \mathcal{A}$.

Таким образом, если $f: x \longrightarrow y$, тогда $f^{-1}: y \longrightarrow x$, или если $f(x) = y$ тогда $f^{-1}(y) = x$, где $x \in \mathcal{A}, y \in \mathcal{B}$

Из этого определения обратной функции следует $f^{-1}(y) = f^{-1}(f(x)) = x.$

Отсюда следует, что f и f^{-1} для биекцией являются взаимно обратными отображениями .

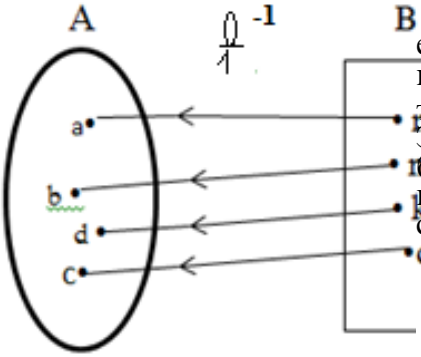


Рис.19. График обратного отображения

Fig. 19. Reverse display graph

На диаграмме это выглядит так:

В вышеприведённом отображении $x \xrightarrow{f} -x+3$ сам себе является обратным отображением.**Пример 1**.

Отображение $y=x+3$ является биекцией, его обратное отображение имеет вид: $x = y+3$ и графически они выглядят так:

Эти прямые линии относительно биссектрисы первая и третья четверть координатного угла расположены симметрично.

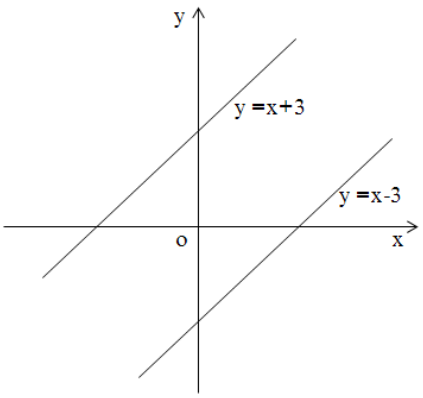


Рис. 20. Пример графику взаимно обратных отображений

Figure: 20. An example of a graph of mutually inverse mappings

Пример 2.В множестве $\mathcal{R}$ на $\mathcal{R}$ отображение $x \xrightarrow{f} 3x - 4$, или
$f(x) = 3x - 4$;(e_1) является биективным, и его обратное отображение
$x \xrightarrow{f^{-1}} \frac{1}{3}x + \frac{4}{3}$.
$f^{-1}(x) = \frac{1}{3}x + \frac{4}{3}$;$(e_2)$
$f : 0 \longrightarrow -4$ $f^{-1}: 0 \longrightarrow \frac{4}{3}$
$f : 1 \longrightarrow -1$ $f^{-1}: 2 \longrightarrow 2$
$f : 2 \longrightarrow 2$ $f^{-1}: (-1) \longrightarrow 1$
$f^{-1}: (5) \longrightarrow 3$
$f^{-1}: (-10) \longrightarrow -2$

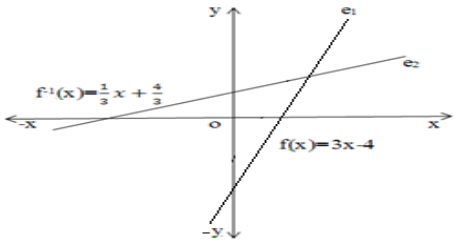


Рис. 21. Пример графику взаимно обратных отображений
Fig.: 21. Example of a graph of mutually inverse mappings

Пример 3.Все биективныеотображения вида $\frac{x}{a} + \frac{y}{a} = 1, (a \neq 0)$ являются сами на себя обратными.

С другой стороны,все линейные функции$f(x) = ax + b$ являются биективными и имеют своего биективного обратного отображения вида$f^{-1}(x) = \frac{1}{a}x - \frac{b}{a}$, $a \neq 0$.

6. Эквивалентные множества

Определение [9**].** Множества$\mathcal{A}$ и $\mathcal{B}$ называются эквивалентными, если между их элементами существует, по крайне мере, одно биективное отображение f: $\mathcal{A} \longrightarrow \mathcal{B}$. Эквивалентные множества обозначаются как $\mathcal{A} \sim \mathcal{B}$. Отношение эквивалентности ($\sim$) имеет следующие свойства:

1.Рефлексивный закон:$\mathcal{A} \sim \mathcal{B}$, т.е. каждое множество$\mathcal{A}$ сами по себе эквивалентны, или для любого множества $\mathcal{A}$ можно построитьбиективное отображениеf:$\mathcal{A} \longrightarrow \mathcal{A}$, действительно для$\forall a \in \mathcal{A}$ отображение f:$a \longrightarrow a$ выполняется.

2.Симметрический закон: *Если* $\mathcal{A} \sim \mathcal{B}$,*тогда*$\mathcal{B} \sim \mathcal{A}$ или если отображение f:$\mathcal{A} \sim \mathcal{B}$ биективное, тогда существует биективное отображение f^{-1}: $\mathcal{B} \longrightarrow \mathcal{A}$.

3.Транзитивный закон: Для произвольных множеств $\mathcal{A}, \mathcal{B}$ и $\mathcal{C}$, если $\mathcal{A} \sim \mathcal{B}$ и $\mathcal{B} \sim \mathcal{C}$, тогда $\mathcal{A} \sim \mathcal{C}$.

Действительно для произвольных элементов $x \in \mathcal{A}$, $y \in \mathcal{B}$ и $z \in \mathcal{C}$, если
f_1: $x \longrightarrow y$, f_2:$y \longrightarrow z$ или $f_1(x) = y$, $f_2(y) = z$ и $f_2(f_1(x)) = z$,$f(x) = z$,
f: $x \longrightarrow z$, где f является суперпозицией отображенияf_1 и f_2 и обозначается через $f = f_1 \times f_2$.Таким образом, отображение f: $x \longrightarrow z$ является биективным и $\mathcal{A} \sim \mathcal{C}$.

Если множество$\mathcal{A}$ конечное *и* $\mathcal{A} \sim \mathcal{B}$, тогда множество$\mathcal{B}$ тоже конечное. Кроме того, эти множества являются равно счётными, т.е. количество элементов у них равны. Если множество$\mathcal{A}$ бесконечное и $\mathcal{A} \sim \mathcal{B}$, тогда множество$\mathcal{B}$ тоже является бесконечным.

Бесконечные эквивалентные множества тоже являются равносильными множествами. Понятие мощность множества, является обобщением количества элементов множества.

Например можно создавать эквивалентный товарооборот для развития отношений экономики и условия жизни между разных отраслей производства.

Пример1. Пусть f:$n \longrightarrow 3n$, $n \in \mathcal{N}$, $3n \in \mathcal{B}$. Множества целых положительных чисел кратно 3. Так как между элементами множества $\mathcal{N}$ и $\mathcal{B}$ имеется взаимно однозначное соответствие, поэтому f есть биективное отображение и они являются

равномощными, хотя $\mathcal{B}$ является под множеством $\mathcal{N}$. Выяснилось, что множество может иметь подмножества с которым является равномощным. В общем случае это предложение имеет доказательство в математике. Для конечных множеств это предложение не имеет место.

Пример 2. $f: x \longrightarrow \sin x$,

$x \in [\frac{\pi}{2} + 2\pi n, \frac{3\pi}{2} + 2\pi n] = \mathcal{A}_n$, $n \in \mathcal{Z}$.

$\sin x \in [-1;1] = \mathcal{B}$.

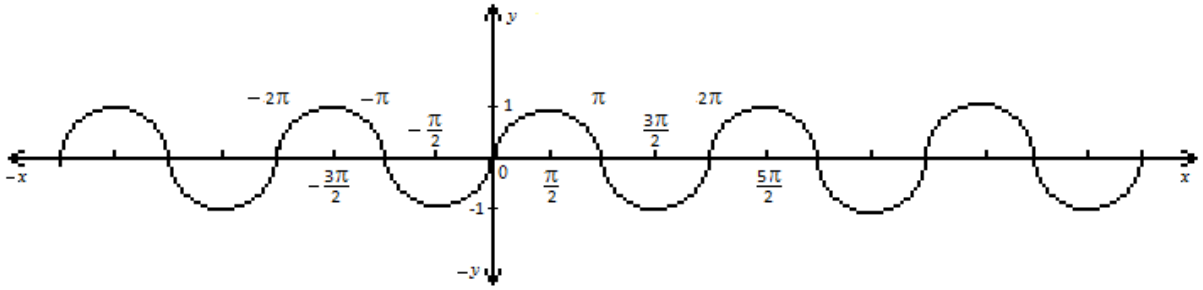


Рис. 22. Разбиение множеств на равносильных биективных под множеств
Figure: 22. Partition of sets into equivalent bijective subsets

В этом графике произвольные два множеств среди множеств $\ldots\mathcal{A}_{-2},\mathcal{A}_{-1},\mathcal{A}_0,\mathcal{A}_1,\mathcal{A}_2,\mathcal{A}_3,\ldots$ являются эквивалентными, кроме того каждое из них является эквивалентным с множеством $\mathcal{B} = [-1,1]$, потому что между элементами которых имеется биективное отображение. Все внести данное отображение является суръективным.

Определить виды отображений;

Пример 3. $\boldsymbol{f: x \Longrightarrow \operatorname{ctg} x = y, x \in (0, \pi) = A, y \in (-\infty,+\infty) = B.}$

Решение: Посмотрим график отображении $\boldsymbol{y = \operatorname{ctg} x}$ в интервале $\boldsymbol{(0, \pi)}$

$f: x_1 \longrightarrow y_1$

$f: x_2 \longrightarrow y_2$

$f: x_3 \longrightarrow y_3$

$f: \frac{\pi}{2} \longrightarrow 0$

$f: \frac{\pi}{4} \longrightarrow 1.$

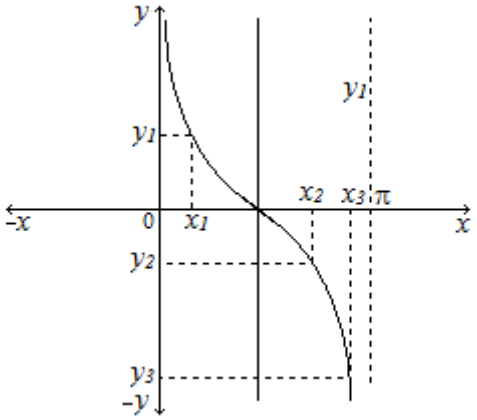


Рис. 23. График отображение $f(x) = ctg\ x$ в одном периоде
Fig.: 23. Graph display $f(x) = ctg\ x$ in one period

Ответ: Отображение биективное.

Пример 4. Для отображение $\boldsymbol{f: x \longrightarrow y = \log_2(x+1)}$, $\boldsymbol{x \in (-1,+\infty)}$,

$\boldsymbol{Y \in R}$, построить обратноеотображение.

Решение. $\boldsymbol{y = \log_2(x+1)}$

$\boldsymbol{2^y = x+1}$, $\boldsymbol{x = 2^y - 1}$, поменяя местами $\boldsymbol{x}$ и $\boldsymbol{y}$, получим уравнение обратное отображение $\boldsymbol{y = 2^x - 1}$ или $\boldsymbol{f: x \longrightarrow 2^x - 1, Y \in (-1,+\infty)}$.

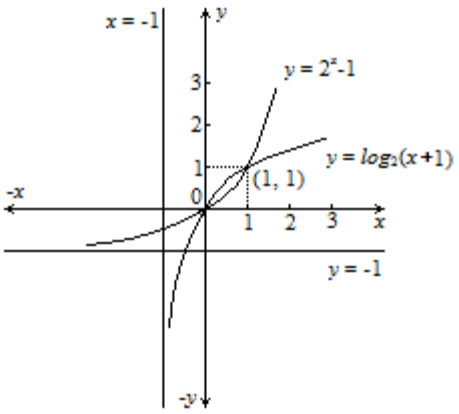


Рис. 24. График прямой и обратной отображении
Fig.: 24. Graph of forward and backward display

Ответ: Отображение биективное

Определить виды отображений;

1. $f{:}x \to x^3 = y,$	$x \in R$,	$y \in R$.
2. $f{:}x \to 2^x = y,$	$x \in R$,	$y \in (0, +\infty)$.
3. $f{:}x \to 2^x = y,$	$x \in R$,	$y \in R$.
4. $f{:}x \to lgx = y,$	$x \in (0, +\infty)$,	$y \in R$.
5. $f{:}x \to sinx = y,$	$x \in R$,	$y \in [-1; 1]$.
6. $f{:}\ x \to sinx = y,$	$x \in, [-0{,}5\pi;\ 0{,}5\pi],$	$y \in [-1; 1]$.
7. $f{:}x \to cos\ 2x = y,$	$x \in R$,	$y \in [-1; 1]$.
8. $f{:}x \to cos\ 2x = y,$	$[x \in -0{,}25\pi;\ 0{,}75\ \pi],$	$y \in [-1; 1]$.
9. $f{:}x \to \frac{1}{x} = y,$	$x \in (0, +\infty)$,	$y \in (0, +\infty)$.
10. $f{:}x \to tgx$,	$x \in (-0{,}5\pi; 0{,}5\pi),$	$y \in (-\infty, \infty)$.

Таб. 2.
Tab. 2.

Заключение

В наших глазах отображаются предметы внешнего мира [10], [11, стр.365]

1. Иногда мы видим несколько предметов за одно, т.е. есть предметы за одно отражаются в наших глазах. Например шахматные фигуры за одно отражаются в глазах и умах игроков и зрителей.

Слова и формулы в текстах и строках отражаются в наших глазах. Это сюръективное отображение.

2. Есть предметы и явлений которые в наших глазах не отражаются. Например некоторые небесных фигур и их движение и расстояние от нас в наших наблюдениях не отражаются. Это есть инъективное отображение. Некоторые физические, химические, биологические и другие природные процессы проходят, развиваются и совершаются не в наших зрениях, поэтому таких исследований и наблюдений изучаются с помощью соответствующих аппаратур. Это тоже инъективное отображение.

3. Когда посмотрим на зеркало, видим только себя. Когда мы работаем в саду, у нас отражается только наш сад. Когда речь идёт о родителях, мы думаем только о своих родителях. Когда мы читаем книгу, тогда думаем только о нём. Эти отображения являются биективными. Таким образом в деятельности людей встречаются на глазах все три вида отображений.

Из некоторых сюръективных отображений можно выделить по частям биективное отображение.

В теории функции комплексного переменного есть конформное отображение, который является тема особенного изучения.

Задачи составление целых точек и нахождение их асимптотического подсчёта в плоских фигурах и пространственных областях как в теории чисел и как на практики представляет большой научный интерес во всем математической науки и образует отдельной направлении «геометрическая теория чисел».

Процессы проходящие в организмах в наших глазах не отражаются.

Отношение бинарной, тернарной или n- нарной в других живых организмах существуют и иногда с помощью аппаратов это наблюдается и изучается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимов А.С. Курс математической логики и теории вычислимости/ А.С. Герасимов. М., 2014. – 409 с.
2. Столяр А.А. Логическое введение в математику/ А.А.Столяр. – Минск, 1971. – 222 с. [Гл. 2, 3].
3. Гаврилов Г. П., Сапоженко А. А. Задачи и упражнения по курсу дискретной математики/ Г. П. Гаврилов, А. А. Сапоженко. – М.: Наука, 1992. (Гл. 3, 4).
4. Собиров А.Ш. Файзиев Р.Ф., Нозимов А. Б., Облобердиев Р. Элементҳои назарияи маҷмӯъҳо ва мантиқи математикӣ/ А.Ш. Собиров, Р.Ф.Файзиев, А. Б.Нозимов, Р. Облобердиев. - Душанбе1986. – 114 с.
5. Лавров И.А. Задачи по теории множеств математической логике и теории алгоритмов/ И.А.Лавров, Л.Л. Максимова. – М., 1975. – 240 с.
6. Шапорев С.Д. Дискретная математика/ С.Д.Шапорев. – Санкт-Петербург, 2014. – 396 с.
7. Колмогоров А.Н., Драгалин А.Г. Математическая логика/ А.Н.Колмогоров, А.Г.Драгалин. М., 2006. – 240 с. [Гл. 2, 3.].
8. Новиков П.С. Элементы математической логики/ П.С.Новиков. – М., 1973. – 399 с. [Гл. 1, 2, 3.].
9. Лавров И. А. Математическая логика/ И. А. Лавров. – М., 2006. – 240 с.
10. Тейз А., Грибомон П., Луи Ж. и др. / Логический подход к искусствен-ному интеллекту/ А.Тейз, П.Грибомон, Ж.Луи и др. – М, 1990. (Гл. 1, 2, 3).
11. Кондаков Н.И. Логический словарь/ Н.И. Кондаков. – М.: Наука, 1977. – 656 с.
12. Марченков С.С. Замкнутые классы булевых функций/С.С. Марченков. – М., 2015. – 946 с.

REFERENCES LITERATURE

1. Gerasimov A.S. Course of mathematical logic and computability theory / A.S. Gerasimov. M., 2014 . – 409 p.
2. Joiner A.A. Logical introduction to mathematics / A.A. Stolyar. - Minsk, 1971. – 222 p. [Ch. 2, 3].
3. Gavrilov G. P., Sapozhenko A. A. Problems and exercises on the course of discrete mathematics / G. P. Gavrilov, A. A. Sapozhenko. - M .: Nauka, 1992. (Ch. 3, 4).
4. Sabirov A.Ş. Faiziev R.F., Nozimov A. B. Oвloвerdiev R. Maчmӯ'ho elements theory and mathematical logic / A.Ş. Sabirov R.F.Fajziev, A. B.Nozimov, R. Oвloвerdiev. - Duşanвe1986. – 114 c.
5. Lavrov I.A. Lavrov I.A., L.L. Maximova. - M., 1975 .-- 240 p. 6. Shaporev S.D. Discrete mathematics / S.D. Shaporev. - St. Petersburg, 2014 . – 396 p. 7. Kolmogorov A.N., Dragalin A.G. Mathematical logic / A.N. Kolmogorov, A.G. Dragalin. M., 2006 .-- 240 p. [Ch. 2, 3.].
1. 8. Novikov P.S. Elements of mathematical logic / P.S. Novikov. - M., 1973 . - 399 p. [Ch. 1, 2, 3.].
2. 9. Lavrov IA Mathematical logic / IA Lavrov. - M., 2006 . – 240 p.
11. Teyse A., Gribomon P., Louis J. et al. / Logical approach to artificial intelligence / A. Teise, P. Gribomon, J. Louie et al. - M, 1990. (Ch. 1, 2 , 3).
12. Kondakov N.I. Logical dictionary / N.I. Kondakov. - Moscow: Nauka, 1977. – 656 p.
13. Marchenkov S.S. Closed classes of Boolean functions / S.S. Marchenkov. - M., 2015 . – 946 p.

МУНОСИБАТИ БИНАРӢ ВА НАМУДҲОИ ИНЪИКОС

Дар муносибато ва амалҳои математикӣ як, ду ва зиёда элементҳо иштирок намуда, ягон алгоритм ё назарияро асоснок ва инкишоф медиҳанд. Ҳамин тавр ҳамаи натиҷаҳои, амалия ва назарияи дар илм ва ҳаёт мавҷуд буда дар муносибатҳои якҷоя, дуҷоя ва ё бисёрӯя қарор доранд. Дар ин ҷо муносибати дуҷоя ва се ҷояи элементҳо ба забони инъикос дар соҳаи маҷмӯъҳои ададӣ ифода ёфтаанд. Муносибатҳо вобаста ба муодилаҳо ва нобаробариҳои математикӣ таҳлил шуда дар қисми нуқтаҳои маълуми ҳамворӣ акс ёфтаанд. Хусусан, намудҳои муносибат, ки онро дар математика намудҳои инъикос мегӯянд, ба воситаи графикҳо маънидод карда шудаанд.

Калидвожаҳо: муносибати бинарӣ, зарбидекартӣ, нуқтаҳои бутун, хатти косинус, графики инъикос, инъикоси сюръективӣ, инъективӣ, биективӣ, баръакс, мачмӯъҳои эквивалент, қонуни рефлексивӣ, симметрӣ, транзитивӣ.

БИНАРНОЕ ОТНОШЕНИЕ И ВИДЫ ОТОБРАЖЕНИЙ

В математических действиях и отношениях участвуют один, две или более элементов и они дают возможность развивать и обосновывать некоторые алгоритмы и теории. Таким образом, все явления практики и

теории, в науке и в жизни, находятся в определенном одноместном, двухместном и в многоместном отношении. В работе изложены двухместное и трёхместное отношения элементов на языке отображения в области числовых множеств. Эти отношения в зависимости от математических уравнений и неравенствах изучены и изображены на определённых точках плоскости и образуют некоторые его части. Особенно виды отношений, а это есть в математике виды отображений, которые разъясняются графиками. Задачи нахождений количество целых точек и вывод асимиотической формулы в плоских фигурах и пространственно гладких областях, как в теории чисел и как на практике представляет большой научный интерес по всем математическим наукам и образует отдельной направлении «геометрическая теория чисел».

Ключевые слова: бинарное отношение, декартово произведение, целые точки, линии косинуса, график отображение, сюръективное, инъективное, биективное, обратное отображение, эквивалентные множества, рефлексивный, симметрический, транзитивный закон.

BINARY RATIO AND TYPES OF DISPLAYS

One, two or more elements are involved in mathematical actions and relationships and they provide an opportunity to develop and substantiate some algorithms and theories. Thus, all the phenomena of practice and theory, in science and in life, are in a certain single, double, etc. in a multi-seat relationship. The paper describes the two-place and three-place relations of elements in the display language in the field of numerical sets. These relations, depending on mathematical equations and inequalities, have been studied and depicted on certain points of the plane and form some of its parts. Especially the types of relations, and this is in mathematics the types of displays that are explained by graphs. The problem of finding the number of integer points and the derivation of an asymitotic formula in flat figures and spatially smooth areas, both in number theory and in practice, is of great scientific interest in all mathematical sciences and forms a separate direction "geometric number theory".

Keywords: binary relation, Descartesian product, integer points, cosine lines, graph mapping, surjective, injective, bijective, inverse mapping, equivalent sets, reflexive, symmetric, transitive law.

Маълумот дар бораи муаллиф: ***Собиров Абдусабур Шукурович*** – номзади илмҳои физика ва математика, дотсент, Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. **Суроға**: 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. **Телефон**: (+992) **907-38-80-38**. **E-mail**: abdusabur-sobi@mail.ru.

Сведения об авторе: ***Собиров Абдусабур Шукурович*** – кандидат физико-математических наук, доцент, Таджикский национальный университет. Адрес: 734025, Республика Таджикистан, г.Душанбе, пр. Рудаки, 17. **Телефон**: (+992) **907-38-80-38**. **E-mail**: abdusabur-sobi@mail.ru.

Information about the author: ***Sobirov Abdusabu Shukurovich*** – candidate of physical and mathematical sciences, associate professor, Tajik National University. Address: 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. Phone: (+992) **907-38-80-38**. E-mail: abdusabur-sobi@mail.ru.

УДК 574,6:477.63/64

АСОСҲОИ МЕТОДӢ ВА ДАСТГОҲИИ АМСИЛАСОЗӢ ДАР ОБАНБОРҲО

Комилиён Ф., Абдураҳмонов М.
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Объекти дилхоҳ аз миқдори зиёди хосиятҳои гуногун иборат аст. Ҳангоми амсиласозии объект ҳамон хосиятҳоеаш ба ҳисоб гирифта мешаванд, ки онҳо дар гузаронидани тадқиқоти пешбинишуда аз ҳама муҳимтар ба шумор мераванд. Масалан, дар раванди таҳқиқи сифатҳои аэродинамикии амсилаи ҳавопаймо дар қубури аэродинамикӣ, на ранги амсила, балки монандии геометрии он бо нусхаи асл аҳамият дорад.

Ҳангоми сохтани схемаҳои барқӣ (амсилаҳои занҷирҳои барқӣ) бошад, зарур аст, ки тартиби бо ҳамдигар пайвастшавии ҷузъҳои занҷир ба ҳисоб гирифта шавад. Дар ин маврид, масалан, тарзи геометрии ҷойгиршавии ҷузъҳои занҷир нисбат ба ҳамдигар ягон аҳамияте надорад.

Амсила (модел) – объекти навест, ки хосиятҳои асосӣ ва муҳимтарини объект, ҳодиса ё раванди тадқиқшавандаро инъикос менамояд.

Илмҳои гуногун объектҳо ва равандҳоро аз нуқтаҳои назари худ мавриди таҳқиқот қарор медиҳанд ва барои онҳо амсилаҳои навъҳои гуногун меофаранд. Масалан, агар дар физика равандҳои таъсири мутақобила ва тағйирёбии объектҳо омӯхта шаванд, он гоҳ дар химия таркиби химиявии объектҳо мавриди таҳқиқот қарор дода мешавад. Дар биология бошад, сохт ва рафтори организмҳои зиндаро меомӯзанд[1-5].

Ба сифати мисол одамро дида мебароем. Ҳар як илм одамро дар доираи амсилаи хосаи худ таҳқиқ менамояд. Аз диди илми механика одам як нуқтаи материалӣ аст. Аз диди илми химия бошад, одам объектест, ки аз моддаҳои гуногуни химиявӣ таркиб ёфтааст. Вале илми биология одамро ҳамчун системае маънидод мекунад, ки вай барои худнигаҳдорӣ офарида шудааст.

Илмҳои география, умури ҳарбӣ, баҳрнавардӣ ва ғайраро бе истифодаи амсилаҳои иттилоотии сатҳи курраи Замин, ки дар шакли харитаҳо ифода ёфтаанд, тасаввур кардан амри маҳол аст. Харитаҳои географии сатҳи Заминро ба харитаҳои табиӣ, сиёсӣ, иқтисодӣ ва ғайра ҷудо мекунанд. Навъҳои гуногуни харитаҳои географӣ амсилаҳои гуногуни иттилоотие мебошанд, ки хусусиятҳои гуногуни сатҳи Заминро инъикос менамоянд. Ва ҳамин тариқ, дар ин маврид, хусусиятҳои як объект, яъне сатҳи Замин, бо ёрии амсилаҳои гуногуни иттилоотӣ инъикос ёфтааст[10].

Аз тарафи дигар, метавонад ҳолати баръакс низ ҷой дошта бошад. Яъне, объектҳои гуногун бо ёрии як амсила тасвир карда шуда бошанд. Масалан, дар механика ҷисмҳои гуногун – аз заррачаи одӣ сар карда то сайёраҳо, метавонанд ҳамчун нуқтаҳои моддӣ тасвир карда шаванд.

Як объект метавонад соҳиби маҷмӯи амсилаҳо бошад ва объектҳои гуногун метавонанд ба воситаи як амсила тасвир карда шаванд.

Ягон амсила наметавонад худи объектро иваз намояд. Вале ҳангоми ҳалли масъалаи мушаххас, хоса вақте ки диққати моро хосиятҳои муайяни объекти тадқиқшаванда ба худ ҷалб менамоянд, амсила метавонад бисёр афзори муфиди тадқиқотӣ ва ҳатто баъзан афзори ягона бошад[7].

Ҳар гуна система танҳо дар фазо ва вақт вуҷуд дошта метавонад. Дар ҳар як лаҳзаи вақт система дар ягон вазъи муайян қарор дорад, ки он тавассути ҳайати ҷузъҳо, қимати хосиятҳои онҳо, бузургӣ ва хусусияти таъсири мутақобили байни ин ҷузъҳо ва дигар омилҳо тавсиф карда мешавад. Масалан, вазъи Системаи

офтобӣ дар ҳар як лаҳзаи вақт тибқи ҳайати объектҳои ба он тааллуқдошта (Офтоб, сайёраҳо ва ғайра), хосиятҳои ин объектҳо (андоза, мавқеи объект дар фазо ва ғайра), бузургӣ ва тарзи алоқамандии байни объектҳо (қувваи ҷозибаи байниҳамдигарӣ, бо ёрии мавҷҳои электромагнитӣ ва ғайра) баҳо дода мешавад.

Амсилаҳое, ки вазъи системаро дар ягон лаҳзаи муайяни вақт тасвир менамоянд, ***амсилаҳои иттилоотии статикӣ*** номида мешаванд.

Мисолҳои амсилаҳои иттилоотии статикӣ дар физика – амсилаҳои механизмҳои сода, дар биология – амсилаҳои сохти растаниҳо ва ҳайвонот, дар химия – амсилаҳои сохти молекулаҳо ва панҷараҳои кристаллӣ шуда метавонанд [5-8].

Вазъи ҳар гуна система дар фосилаи муайяни вақт тағйирпазир аст, яъне равандҳои дар системаҳо бавуқӯъоянда бо гузашти вақт тағйир меёбанд ва рушд мекунанд. Масалан, сайёраҳо доимо дар ҳаракат буда, мавқеи онҳо нисбат ба ҳамдигар ва Офтоб тағйир ёфта меистад. Офтоб чун дигар ситорагон доимо дар ҳоли таҳаввулот аст, таркиби химиявии он дар ҳоли тағйирёбист, нурпошӣ ва гармиафкании он тағйирёбанда аст.

Амсилаҳое, ки равандҳои тағйирёбӣ ва рушди системаҳоро тасвир менамоянд, ***амсилаҳои иттилоотии динамикӣ*** номида мешаванд.

Мисолҳои амсилаҳои иттилоотии динамикӣ дар физика – амсилаҳои ҳаракати ҷисмҳо, дар биология – амсилаҳои рушди растаниҳо, организмҳо ва популятсияи ҳайвонот, дар химия – амсилаҳои равандҳои гузаштани реаксияҳои химиявӣ ва ғайра шуда метавонанд.

Ҳамин тариқ, амсила – чунин объекти моддӣ ё маънавиест, ки дар раванди таҳқиқот объекти аслиро иваз менамояд ва омӯзиши бевоситаи он дар бораи хосиятҳои объекти аслӣ дониши нав муҳайё месозад.

Зери мафҳуми амсиласозӣ раванди сохтан, омӯзиш ва татбиқи амсила (модел) фаҳмида мешавад. Хусусияти асосии амсиласозӣ аз он иборат аст, ки дар он усули омӯзиши объекти аслӣ ба воситаи оъектҳои ивазкунанда ба роҳ монда мешавад.

Раванди амсиласозӣ се ҷузъи асосиро дарбар мегирад: субъект (муҳаққиқ), объект (предмети таҳқиқот) ва амсила (дараҷаи дарккунии сохтор ва хосиятҳои объект ва бо ягон усуле ифода карда тавонистани онҳо аз тарафи субъект).

Бигузор ягон объекти ***A*** дода шудааст ё онро сохтан лозим аст. Мо ба таври моддӣ ё хаёлӣ объекти дигари ***B***-ро месозем ё меёбем, ки он амсилаи объекти ***A*** ба шумор меравад. Қадамҳои сохтани амсила дониши муайянеро доир ба объекти аслӣ, яъне объекти ***A*** талаб менамояд. Дараҷаи мувофиқати амсила бо объект аз рӯи дуруст тасвир карда тавонистани хосиятҳо ва самтҳои муҳимтарини рушди объекти аслӣ аз тарафи амсила баҳо дода мешавад. Дараҷаи монандии объект ва амсилаи онро таҳлилоти мушаххас муайн месозад [5].

Ҳангоми амсиласозӣ омӯзиши аниқи баъзе тарафҳои объекти таҳқиқшаванда танҳо аз ҳисоби ба эътибор нагирифтани тарафҳои дигари он амалӣ гардонида мешавад. Аз ин ҷо, ҳар гуна амсила объекти таҳқиқшавандаро танҳо ба маънои хеле маҳдуд иваз карда метавонад.

Дар қадами дуюми раванди амсиласозӣ амсила ба сифати объекти таҳқиқоти мустақил баромад мекунад. Яке аз чунин тарзҳои таҳқиқот озмоишҳои амсилавӣ ба шумор меравад, ки бо ёрии онҳо шарту шароити фаъолияти объекти амсилавӣ бошуурона (мувофиқи хоҳиши субъект) тағйир дода мешавад ва маълумот оид ба рафтори амсила ба система дароварда мешавад. Натиҷаи ниҳоии ин қадамро маҷмӯи донишҳои ҳосилшуда – ***R*** доир ба амсилаи сохташуда ташкил мекунад.

Дар қадами сеюми амсиласозӣ ба объекти асил донишҳои пайдогардидаи амсилаӣ татбиқ карда мешаванд ва маҷмӯи нави дониш – ***S*** доир ба объекти додашуда ҳосил мегардад. Раванди гузаронидани донишҳои амсилавӣ ба объекти

асил аз рӯи қонуну қоидаҳои мувофиқ амалӣ гардонида мешавад. Донишҳои амсилавӣ бояд мувофиқи он хосиятҳои объект таҳрир карда шаванд, ки онҳо ҳангоми амсиласозӣ ба ҳисоб гирифта нашуда буданд. Танҳо он натиҷаҳои амсиларо ба объект татбиқ кардан мумкин аст, ки онҳо бевосита бо хосиятҳои объект, ки дар амсилаи мазкур ба ҳисоб гирифта шудаанд, ягон алоқае доранд[7-10].

Қадами чоруми амсиласозиро санҷиши амалии натиҷаҳо ва дониши ҳосилшудаи амсилавӣ дар идоракунӣ ва табдилдиҳии баъзе хосиятҳои объекти асил ва истифодаи ин маълумот дар сохтани назарияи умумикардашуди синфи объектҳои додашуда, ташкил менамояд.

Амсиласозии математикӣ. Технологияҳои амсиласозии математикиро дар мисоли татбиқи он дар соҳаи иқтисодиёт дида мебароем.

Татбиқи усулҳои математикӣ дар иқтисодиёт бо баъзе душвориҳо ба даст омадааст. Сабаб он будааст, ки математика ҳамчун афзори ёрирасон тӯли якчанд асрҳо асосан ба физика ва техника хизмат намудааст. Сабаби дигари дер роҳ ёфтани математика ба иқтисодиёт ба табиати равандҳои иқтисодӣ ва хусусиятҳои илмҳои иқтисодӣ вобаста аст. Қисми зиёди объектҳое, ки бо ёрии илмҳои иқтисодӣ омӯхта мешаванд, ҳамчун системаҳои мураккаби кибернетикӣ маънидод карда мешаванд.

Дар таҳқиқоти иқтисодӣ бештар мафҳуми система истифода бурда мешавад. Система ҳамчун маҷмӯи ҷузъҳои ба ҳам алоқаманде фаҳмида мешавад, ки ягон чизи том, яклухтро ифода менамояд. Муҳимтарин сифати ҳар гуна система эмерҷентӣ будани он аст. Ин сифат танҳо хоси худи система буда, ягон ҷузъи алоҳидаи он тамоми хосиятҳои системаро надорад. Барои ҳамин ҳам, ҳангоми омӯзиши системаҳо танҳо истифодаи усули ба ҷузъҳо ҷудо намудани онҳо ва баъд дар алоҳидагӣ омӯхтани ин ҷузъҳо, кифоя нест. Яке аз душвориҳои таҳқиқоти иқтисодӣ низ аз он иборат аст, ки қариб ягон объекти иқтисодие вуҷуд надорад, ки онро ҳамчун ҷузъи алоҳида (берун аз система) омӯхтан мумкин бошад.

Мураккабии система мувофиқи миқдори ҷузъҳои ба он тааллуқдошта, алоқаи байни ин ҷузъҳо ва вобастагии система аз муҳити онро иҳотакунанда, муайян карда мешавад. Масалан, иқтисодиёти мамлакат ҳамаи аломатҳои системаи мураккабро дорад. Вай миқдори бениҳоят зиёди ҷузъҳоро бо ҳамдигар мутаҳид сохта, бо бисёрнамудии алоқаҳои дохилӣ ва берунии худ бо дигар системаҳо (муҳити атроф, иқтисодиёти давлатҳои дигар ва ғайра) фарқ мекунад. Дар хоҷагии халқ равандҳои табиӣ, технологӣ, иҷтимоӣ ва омилҳои объективу субъектӣ бо ҳамдигар дар алоқамандӣ амал мекунанд.

Бино бар ин, муддати дуру дароз мураккабии иқтисодиётро баҳона карда, амсиласозии равандҳои онро бо ёрии усулҳои математикӣ ғайриимкон маънидод мекарданд. Вале бояд иқрор шуд, ки чунин нуқтаи назар нодуруст аст. Дар асл объекти дилхоҳи дараҷаи мураккабии дилхоҳдоштаро амсиласозӣ кардан мумкин аст. Объектҳои мураккаб бошанд, нисбат ба усулҳои дигари таҳқиқотгузаронӣ, бо усули амсиласозӣ хубтар натиҷа медиҳанд.

Имконияти потенсиалии амсиласозии математикии объект ё раванди иқтисодии дилхоҳ ҳаргиз маънои онро надорад, ки вай мувофиқи сатҳи ҷории донишҳои иқтисодӣ ва математикӣ, иттилоот ва техникаи ҳисоббарории мушаххаси имрӯза, амсилаи ин гуна объект ё равандҳо бомуваффақият сохта шаванд. Ҳарчанде ҳудудҳои мутлақи формализатсияи математикии проблемаҳои иқтисодиро аниқ кардан ғайриимкон бошад ҳам, ҳамеша проблемаҳои формалинагардонидашуда боқӣ мемонанд ва мавридҳое вомехӯраннд, ки амсиласозии математикӣ он қадар самара намебахшад.

Бо сабаби мавриди истифодаи пурсамар қарор гирифтани ҳавзаи махзанҳои обӣ, таъсири фаъолияти хоҷагидории инсон ба муҳити обӣ метавонад хеле гуногунҷабҳа бошад. Одатан нуқтаҳои аҳолинишин маҳз дар ҳавзаи махзанҳои

обӣ ҷойгиранд. Аз ин рӯ, дар атрофи онҳо метавонад заминҳои корами хоҷагиҳои деҳқонӣ, фермаҳои чорводорӣ, корхонаҳои саноатии хурду миёна ва дигар иншооту муассисот ҷойгир бошанд. Ин гуна объектҳо манбаи потенсиалии эвтрофиронии антропогенӣ ба ҳисоб мераванд.

Дар мақола мо таҳқиқоти анҷомдодаи худро доир ба таъсири муҳити атроф вобаста ба экосистемаи махзанҳои сунъии обӣ, яъне обанборҳо мавриди баррасӣ ва таҳлил қарор додем.

Қайд кардан зарур аст, ки таъсири инсон ба обанбор, пеш аз ҳама, бо фаъолияти ***кишоварзӣ*** он вобаста аст. Ҳангоми анҷом додани корҳои кишоварзӣ майли ба заминҳои корам ҳарчи бештар истифода бурдани нуриҳои минералӣ ва органикӣ меафзояд. Вале маълум аст, ки дар баробари афзудани истифодаи нурӣ тавассути соҳилҳо миқдори муайяни ҷузъҳои биогенӣ ба обанбор дохил мешавад.

Чорводорӣ низ яке аз омилҳои асосӣ ва потенсиалии таъминкунандаи ҷузъҳои биогенӣ ба обанбор ба шумор меравад. Вале дар ҳар як минтақаи мушаххас дараҷаи таъсири чорводорӣ ба объектҳои обӣ ҳар хел аст. Он, пеш аз ҳама, ба миқдори умумии чорвои хоҷагӣ ва ҳолати истифодаи фермаҳои чорводорӣ вобаста аст [7].

Дар баробари ин, вақтҳои охир дар тамоми ҷаҳон ба проблемаи сарфакорона, яъне ба таври оқилона истифода будани захираҳои обӣ, хусусан оби ошомиданӣ, диққати ҷиддӣ дода мешавад. Вобаста ба рушди босуръати иқтисодиёти саноатӣ ва кишоварзӣ дар минтақаҳои гуногуни ҷаҳон истифодаи об низ ба таври назаррас меафзояд. Оби истеъмолӣ ҳамчун захираи беҳамто, вале охирнок метавонад ба тараққиёти ҳам саноат ва ҳам хоҷагии қишлоқ унсури мамониаткунанда гардад. Ин проблема вобаста аз мавқеи географии минтақаҳо дар ҳар маврид ҳар хел ҳал карда мешавад.

Дар ҷумҳуриҳои Осиёи Марказӣ проблемаи тақсимоти об бо роҳи дар дарёҳои калон сохтани силсилаи обанборҳо ҳалли худро ёфтааст. Тавлиди обанбор ба ғайр аз проблемаи гидрологӣ боз проблемаҳои дигарро низ пеш меорад, ки муҳимтарини онҳо проблемаҳои экологӣ, гидроэнергетикӣ, рекреатсионӣ ва моҳипарварӣ ба шумор мераванд. Яъне, кор танҳо бо сохтани обанбор, ғункунию нигоҳдории об ва ба истифодабарандагон расонидани он анҷом намеёбад. Хеле муҳим аст, ки оби махзани сунъӣ ба талаботҳои сифатӣ низ ҷавобгӯй бошад.

Инсон обанборро ба хотири идора кардан ва оқилона истифода бурдан бунёд месозад. Идоракунӣ ба сохтор ва ҷузъҳои обанбор таъсир расонида, метавонад ба экодинамикаи он тағйиротҳои ғайри чашмдошту манфиро эҷод созад. Маҳз барои баҳисобгирии таъсири ниҳоии ин ё он реҷаи идоракунӣ ва баҳодиҳӣ ба табодули имконпазири моддаҳо дар низоми сохтории экосистемаи обанбор аз усули амсиласозии математикӣ истифода мебаранд. Амсилаи математикӣ на танҳо экодинамикаи махзани обиро пешгӯйӣ менамояд, балки гипотезаҳои алтернативиро нисбат ба принсипҳои инкишофи равандҳои он месанҷад. Ҳангоми сохтани амсилаи математикии махзани обӣ зарур аст, ки комплекси омилҳои муайянкунандаи фаъолияти он – равандҳои экологӣ, гидрологӣ, гидродинамикӣ, антропогенӣ ва гидрометеорологӣ ба ҳисоб гирифта шаванд.

Амсиласозии математикии раванди таъсири муҳити атроф

Амсилаи математикӣ аз ду блоки асосӣ ва ҳамҷоя иборат аст:

- *экологӣ, ки гардиши моддаҳои биогидрохимиявиро ифода менамояд;*
- *гидрологӣ, ки равандҳои мубодилаи об, тавозуни он ва интиқоли моддаҳоро дар обанбор тасвир менамояд.*

Блоки экологии амсила. Таъсири муҳити атроф ба обанбор, пеш аз ҳама, аз рӯи шиддати (бори) биогении он муайян карда мешавад. Бинобар ин, ҳангоми тасвири ин раванд талаб карда мешавад, ки гардиши биогидрохимиявии моддаҳои

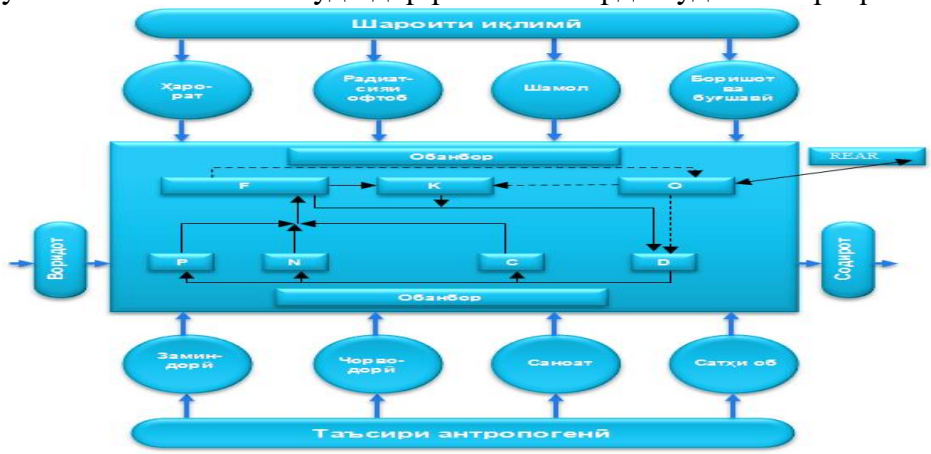
биогенӣ, ки раванди сабзиши ҳосилро маҳдуд карда метавонанд, ба таври мукаммал ба ҳисоб гирифта шавад.

Дар мавриди мазкур гап дар бораи омилҳои маҳдудкунандаи биогении об – углерод *(C)*, азот *(N)* ва фосфор *(P)* меравад. Сикли ҷузъҳои биогенӣ тавассути детрит *(D)* ҷамъбаст мегардад. Консентратсияи кислороди дар об ҳалшуда *(O)* барои тасвири раванди деструксия ва фаъолияти ҳаётии консументҳо *(K)* ба ҳисоб гирифта мешавад. Эвтрофикатсия ҳамчун раванд аз рӯи консентратсияи продутсентҳо *(F)* баҳо дода мешавад.

Ҳамин тариқ, мо 7 тағйирёбандаи агрегатии фазавиро ҳосил намудем: *F, K, O, P, N, C, D*. Вобастагӣ ва алоқамандии ин тағйирёбандаҳо дар амсила ва таъсири омилҳои иқлимию антропогенӣ ба экосистемаи обанбор мувофиқи диаграммаи селии дар расми 1 овардашуда ба ҳисоб гирифта шудааст[7-10].

Ба сифати омилҳои берунӣ (табиӣ), ки ҳама равандҳои системаи экологӣ аз онҳо вобастагӣ доранд, ҳарорати об *(T)* ва радиатсияи офтобӣ *(I_0)* интихоб шудаанд.

Дар амсила се сатҳи асосии трофикӣ ба ҳисоб гирифта шудааст: ҷузъҳои биогенӣ, продутсентҳо ва консументҳо. Гузариш аз як сатҳи трофикӣ ба дигараш бо ёрии функсияи *S*-шакли намуди дар расми 2 овардашуда тасвир ёфтааст.



Рас. 1. Сохтори умумии амсила
Рис. 1. Общая структура модели
Fig.1. General structure of the model

Дар амсила раванди истеъмоли ҷузъҳои биогенӣ аз тарафи продутсентҳо мувофиқи принсипи омилҳои маҳдудкунандаи Либих ва қонуни стехиометрия тасвир шудаанд.

Ҳамин тариқ, гуфтан мумкин аст, ки мо дар амсила ҳамаи он функсияҳои заруриеро пешниҳод намудем, ки тавассути онҳо равандҳои дар экосистемаи обанбор рӯйдиҳанда тасвири математикии худро дарёфт намудаанд. Акнун дар асоси расми 1 муодилаҳои селии экосистемаи тадқиқшаванда ва ифодаҳои математикии ҳар як селро меорем. ***Амсилаи математикии*** экосистемаи обанбор намуди системаи муодилаҳои дифференсиалии одиро дорад:

1	$dF/dt=Q_{PF}+Q_{NF}+Q_{CF}-Q_{FK}-Q_{FD}-Q_{FO}$
2	$dK/dt=Q_{FK}-Q_{KD}$
3	$dP/dt=Q_{DP}-Q_{PF}$
4	$dN/dt= Q_{DN}-Q_{NF}$
5	$dC/dt= Q_{DC}-Q_{CF}$

6	$dD/dt = Q_{FD} + Q_{KD} - Q_{DP} - Q_{DN} - Q_{DC}$
7	$dO/dt = Q_{FO} + Q_{REAR}$

Ифодаҳои селии амсилаи экологӣ:

$Q_{PF} = f_F(TT) \cdot g_F(I) \cdot min\{r(P,F)/KP,\ r(N,F)/KN,\ r(C,F)/KC\} \cdot (1-MB_F)$
$Q_{NF} = KN \cdot Q_{PF}$
$Q_{CF} = KC \cdot Q_{PF}$
$Q_{FK} = f_K(TT) \cdot S_j(O) \cdot r(F,K) \cdot (1-MB_K)$
$Q_{FD} = CMOR_F \cdot F$
$Q_{FO} = PHOT \cdot (Q_{PF} + Q_{NF} + Q_{CF})$
$Q_{KD} = SO_j(O) \cdot CMOR_K \cdot K$
$Q_{DP} = \tilde{f}_D(TT) \cdot \tilde{S}_D(O) \cdot DP/(DP+DN+DC+DS) \cdot DES_D \cdot DESTO$
$Q_{DN} = Q_{DP} \cdot DN/DP$
$Q_{DC} = Q_{DP} \cdot DC/DP$

Хулоса, таҳлили гузаронидашуда далели он аст, ки амсилаи математикӣ-иқтисодии экосистемаи обанборро барои омӯзиш ва тадқиқи таъсири муҳити атроф ба махзанҳои сунъии обӣ истифода бурдан мумкин аст. Натиҷаҳои компютерии рушди экосистема ба ҳақиқат хеле наздиканд. Бо ёрии амсилаи мазкур иттилооти таҷрибавиро таҳлил, самтҳои асосии тағйирёбии бори биогениро муайян, ба вазъи экосистема баҳо ва дурнамои онро пешгӯиву амсиласозӣ намудан мумкин аст.

АДАБИЁТ

1. Комилиён, Ф. С. Амнияти иттилоотии пойгоҳи додаҳо / Ф.С. Комилиён, М.Р. Ёров // Маводҳои конференсияи байналмилалии илмии «Проблемаҳои муосири илмҳои табиатшиносӣ ва гуманитарӣ, нақши онҳо дар таҳкими робитаҳои илмии байни мамлакатҳо» бахшида ба 10-солагии Филиали Донишгоҳи давлатии Москва ба номи М.В. Ломоносов дар ш. Душанбе. – Душанбе, ФДДМ, 2019. – С. 30-34.
2. Комилов, Ф. С., Раҳмонов З.Ф. Информационные технологии в высшем образовании Республики Таджикистан. – Душанбе: «Ирфон», 2012 – 174 с.
3. Комилов, Ф.С. Компьютерное моделирование экосистем водохранилищ. – Душанбе, «Сохибкор», 2010 – 240 с.
4. Комилов, Ф.С., Пархоменко В.П. Математическое моделирование экосистем водохранилищ. - М.: ВЦ РАН, «Сообщение по прикладной математике», 2003 – 51 с.
5. Комилов, Ф. С., Шарапов Д.С., Исматов Н.М. Технологияи иттилоотӣ (Китоби дарсӣ, синфи 8). – Душанбе: Бахт LTD, 2013. – 256 с.
6. Комилов, Ф. С. Амсилаи дастраси умум ба пойгоҳи додаҳои КОА дар заминаи таъминоти барномавии стандартӣ / Ф.С. Комилов, М.Р. Ёров // Паёми политехникӣ. Бахши интеллект, иноватсия, инвеститсия. – 2019. – № 1 (45). – С. 30-37.
7. Комилов, Ф. С. Амсиласозии популятсияи моҳиҳои экосистемаи обанбори Қайроққум/ Ф.С. Комилов, И.М. Саидов, М.Р. Ёров // Нақши ҷавонон дар рушди кишвари саноатию аграрӣ. Маҷмӯаи маводҳои конфронси илмӣ-назариявии коллеҷи омори ш. Ваҳдат бахшида ба «Соли ҷавонон» ва «20-солагии Ваҳдати миллӣ». – Ваҳдат, 2017. – С.23-34.
8. Комилов, Ф.С. Баҳисобгирии амнияти иттилоотии шабакавӣ дар таҳияи пойгоҳи додаҳо / Ф.С. Комилов, М.Р. Ёров // Паёми Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав. – 2019. – № 4 (68). – С. 141-146.
9. Комилов, Ф. С. Бунёди илмии соҳаи моҳипарварӣ – таъмини амнияти озуқаворӣ, тандурустии аҳолӣ ва беҳдошти вазъи иқтисодии Тоҷикистон [Матн] / Ф.С. Комилов, Ф.Т. Шамсов, М.Р. Ёров // Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Бахши илмҳои табиӣ. – 2018. – № 2. – С. 72-81

10. Комилов, Ф.С. Табдилдиҳии амсилаи математикӣ ба афзори пешбинандаи динамикаи популятсияи моҳиҳои экосистемаи обанбори пастоб / Ф.С. Комилов, И.М. Саидов, М.Р. Ёров, И.Л. Қосимов // Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Бахши илмҳои табиӣ. – 2017. – № 1/5. – С. 27-32.
11. Комилов, Ф.С. Таҳияи системаи барномавӣ-иттилоотӣ барои худкорсозии фаъолияти кормандони КОА / Ф.С. Комилов, М.Р. Ёров // Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Бахши илмҳои табиӣ. – 2019. – № 3. – С. 10-18.
12. Прохоренок, Н. А. HTML, JavaScript, PHP и MySQL. Джентльменский набор Web-мастера / Н.А. Прохоренок, В.А. Дронов. – М.-СПб: Питер, 2015. – 768 с.
13. Пряжинская, В. Г. Компьютерное моделирование в управлении водными ресурсами / В.Г. Пряжинская, Д.М. Ярошевский, Л.К. Левит-Гуревич. – М.-СПб: Питер, 2002. – 809 с.
14. Скурихин, Н. П. Математическое моделирование. – М.: Высшая школа, 1989.

REFERENCES LITERATURE

1. Komiliyon, F. C. Database information security / F.S. Komiliyon, M.R. Yorov // Proceedings of the International Scientific Conference "Modern problems of natural sciences and humanities, their role in strengthening scientific relations between countries" dedicated to the 10th anniversary of the Branch of Moscow State University named after MV Yorov. Lomonosov in the city Dushanbe. - Dushanbe, FDDM, 2019. - C. 30-34.
2. Komilov, F. S., Rahmonov Z.F. Information technologies in higher education of the Republic of Tajikistan. - Dushanbe: "Irfon", 2012 - 174 p.
3. Komilov, FS Computer modeling of ecosystems of reservoirs. - Dushanbe, "Sokhibkor", 2010 - 240 p.
4. Komilov, F. S. Mathematical modeling of reservoir ecosystems/ F. S.Komilov, V. P.Parkhomenko/ - M .: Computing Center of the Russian Academy of Sciences, "Communication on Applied Mathematics", 2003. - 51 p.
5. Komilov F. S., Sharapov D.S., Ismatov N.M. Information Technology (Textbook, 8t h grade)/ F. S.Komilov, D.S.Sharapov, N.M.Ismatov/ - Dushanbe: Bakht LTD, 2013. - 256 p.
6. Komilov F. S. The public access model to the KOA database on the basis of standard software/ F.S. Komilov, MR Yorov // Polytechnic Message. Sector of intelligence, innovation, investment. - 2019. - № 1 (45). - C. 30-37.
7. Komilov F. S. Modeling of fish population ecosystem of Kayrakkum reservoir / F.S. Komilov, IM Saidov, MR Yorov // The role of youth in the development of an industrial and agrarian country. Proceedings of the scientific-theoretical conference of the College of Statistics of Dushanbe. Vahdat dedicated to the "Year of Youth" and "20 years of National Unity". - Vahdat, 2017. - P.23-34.
8. Komilov F. S. Network information security accounting in database development / F.S. Komilov, MR Yorov // Message from Bactria State University named after Nosiri Khusrav. - 2019. - № 4 (68). - C. 141-146.
9. Komilov F. S. Scientific Foundation for Fisheries - Ensuring Food Security, Public Health and Improving the Economic Situation in Tajikistan [Text] / F.S. Komilov, F.T. Shamsov, M.P. Yorov // Message of the Tajik National University. Department of Natural Sciences. - 2018. - № 2. - C. 72-81/
10. Komilov F. S. Conversion of a mathematical model into a predicted tool for the dynamics of the population of fish in the ecosystem of the reservoir / F.S. Komilov, I.M. Saidov, M.R. Ёров, I.L. Qosimov // Message of the Tajik National University. Department of Natural Sciences. - 2017. - № 1/5. - C. 27-32.
11. Komilov F. S. Development of software and information system for automation of KOA / F.S. Komilov, MR Yorov // Bulleten of the Tajik National University. Department of Natural Sciences. - 2019. - № 3. - C. 10-18.
12. Prokhorenok, N. A. HTML, JavaScript, PHP and MySQL. Gentlemen's set of the Web-master / N.A. Prokhorenok, V.A. Dronov. - M.-SPb: Peter, 2015 .- 768 p.
13. Pryazhinskaya, VG Computer modeling in water resources management / V.G. Pryazhinskaya, D.M. Yaroshevsky, L.K. Levit-Gurevich. - M.-SPb: Peter, 2002 . - 809 p.
14. Skurikhin, NP Mathematical modeling. - M .: Higher school, 1989.

АСОСҲОИ МЕТОДӢ ВА ДАСТГОҲИИ АМСИЛАСОЗӢ ДАР ОБАНБОРҲО

Дар мақола бо ёрии усули амсиласозии математикӣ таъсири муҳити атроф ба муҳити обӣ мавриди омӯзиш ва таҳлил қарор дода шуда, оқибатҳои истифодаи ғайриоқилонаи экосистемаи махзанҳои обӣ ва роҳҳои пешгирии онҳо нишон дода шудааст. Таъсири муҳити атроф ба муҳити обӣ тавассути дар ҳавзаи онҳо сохтани иншооту корхонаҳо, фермаҳои мурғу чорвопарварӣ ва фаъолияти кишоварзӣ расонида мешавад. Амсилаи математикӣ аз ду блок: экологӣ ва гидрологӣ иборат аст. Дар блоки экологӣ гардиши биогидрохимиявии моддаҳо тасвир карда шудааст. Ба сифати омилҳои берунаи ба экосистемаи обӣ таъсиррасонанда ҳарорати об ва радиатсияи офтоб интихоб шудаанд. Дар блоки гидрологӣ бошад, бо истифода аз иттилоот дар бораи миқдори оби воридотӣ ва содиротии обанбор ҳаҷми он, раванди мубодилаи моддаҳо ва тағйирёбии консентратсияи онҳо нишон дода шудааст. Амсила аз системаи 7 муодилаи дифференсиалии одӣ иборат буда, бо ёрии усули Рунге-Кутт ҳал карда шудааст. Озмоишҳои компютерӣ дар шакли сенарияҳои рушди экосистемаи обанбор гузаронида шудаанд. Таҳлили сенарияҳо гувоҳӣ медиҳанд, ки амсилаи математикии мазкурро барои омӯзиши таъсири муҳити атроф, беҳтаргардонии вазъ ва ҳифзи муҳити обӣ истифода бурдан мумкин аст.

Калидвожаҳо: амсила, обанбор, экосистема, озмоиш, экология, гидрологӣ, гардиш, атроф.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ В ВОДОЕМАХ

В связи с усилением антропогенного воздействия на водную среду возникает необходимость разработки и осуществления мероприятий по охране их природного комплекса. Важнейшей составляющей таких исследований является применение метода математического моделирования. В статье мы ограничивались рассмотрением экосистемы мелководного водохранилища. Воздействие хозяйственной деятельности на водохранилища представляет собой весьма общее явление. Их водосборы, как правило,

активно используются человеком. В хозяйственном использовании водохранилища есть некоторое особенности, которые определяются исторически сложившимся тяготением населенных пунктов, различных ферм и хозяйств к водным объектам. Предлагаемая модель состоит из двух взаимосопряженных блоков: экологический, который характеризует биогидрохимические круговороты веществ; гидрологический, который описывает процессы водного обмена и баланса, перенос веществ в водоеме. В этом блоке рассматривается подблок перемешивания, в котором рассчитывается обмен веществ между водохранилищем и рекой, который осуществляется посредством течений. Математическая модель представляет собой систему 7 обыкновенных дифференциальных уравнений. Для решения системы был использован метод Рунге-Кутта. Компьютерные эксперименты с моделью состоял в расчете различных сценариев развития экосистемы при всевозможных внешних воздействиях как естественного, так и антропогенного характера. Исследованы 8 сценарные варианты развития водоема. Полученные результаты являются правдоподобными.

Ключевые слова: модель, водоем, экосистема, эксперимент, экология, гидрология, циркуляция, окружающая среда.

METHODOLOGICAL FOUNDATIONS AND MODELING OF EQUIPMENT IN WATER BODIES

The anthropogenic influence on water environment is researched and analyzed by method of mathematical modeling and the consequences of irrational use of the ecosystem of water resources and ways of preventing such usage are shown in the master's work. Construction of buildings and plants, cattle-breeding and poultry farms and farm work on water basins exert anthropogenic influence on water environment. Mathematical model consists of two blocks – ecological and hydrological ones. Circulation of biohydrochemical of substances is described in the ecological block. Water temperature and solar radiation have been chosen as external factors influencing the water ecosystem. And with the help of information about the amount of the inflown and outflown water the process of substances exchange and the changing of their concentration is shown in the hydrological block. The model consists of 7 simple differential equations system and solved with help of Runge-Kutt's method. The computer experiments have been carried out in the form of development scenerio of reservoir ecosystem. The analyses show that the above-mentioned mathematical model could be applied for learning of anthropogenic influence and improving the condition and protection of water environment.

Keywords: model, reservoir, ecosystem, experiment, ecology, hydrology, circulation, environment.

Маълумот дар бораи муаллифон:***Комилиён Файзалӣ Саъдулло*** – д.и.ф.м., профессори кафедраи информатикаи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Суроға: Тоҷикистон, 734025, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. Тел. (+992) 988685014, E-mail: komfaiz@mail.ru.
Абдураҳмонов Маҳмадсаид Муҳаммадҷонович – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, унвонҷӯи кафедраи информатика. Суроға: Тоҷикистон, 734025, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. Тел. (+992) 918657515,

Сведения об авторах: ***Комилиён Файзали Саъдулло*** – д.ф.-м.н., профессор кафедры информатики Таджикского национального университета. Адрес: Таджикистан, 734025,г. Душанбе, пр.Рудаки, 17. Тел. (+992) 988685014, E-mail: komfaiz@mail.ru.
Абдурахмонов Махмадсаид Мухаммаджонович – Таджикский национальный университет, соискатель кафедры информатики. Адрес: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки, 17. Тел. (+992) 918657515,

Information about the authors: ***Komiliyon Fayzali Sadullo*** – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Informatics Department of the TNU. Address: 17, Rudaki av., Dushanbe, 734025, Tajikistan.Tel. (+992) 988685014, E-mail: komfaiz@mail.ru.
Abdurahmonov Mahmadsaid Muhammadjonovich – Tajik National University, applicant of the Department of Informatics of TNU. Address: 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki ave. 17. Phone: (+992) 18657515, E-mail: mahmadsaid@mail.ru

УДК: 517.5

О ЗНАЧЕНИИ ПОПЕРЕЧНИКОВ КЛАССОВ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

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

Пусть $\mathrm{N}-$множество натуральных чисел; $Z_+ := \mathrm{N} \cup \{0\}$; $R_+ -$ множество положительных чисел вещественной оси. $L_2 := L_2[0,2\pi]$ – пространство $2\pi -$периодических измеримых по Лебегу функций, у которых норма

$$\|f\| := \|f\|_{L_2} = \left(\frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} |f(x)|^2 dx\right)^{1/2} < \infty.$$

Через $L_2^{(r)}\left(r \in Z_+;\ L_2^0 \equiv L_2\right)$ обозначим множество $2\pi -$периодических функций $f \in L_2$, у которых производные $(r-1)-$го порядка абсолютно непрерывны, а производные $r-$го порядка $f^{(r)}(x) \neq const$ принадлежат пространству L_2. Символом $\Im_{2n-1}$ обозначим подпространство тригонометрических полиномов

$$\mathrm{T}_{n-1}(x) = \frac{\alpha_0}{2} + \sum_{k=1}^{n-1}(\alpha_k \cos kx + \beta_k \sin kx)$$

порядка, не превосходящего $n-1.$ Известно, что для произвольной функции $f \in L_2$, имеющей разложение в ряд Фурье

$$f(x) \sim \frac{a_0(f)}{2} + \sum_{k=1}^{n}(a_k(f)\cos kx + b_k(f)\sin kx),$$

величина ее наилучшего полиномиального приближения элементами подпространства $\Im_{2n-1}$ равна

$$E_{n-1}(f) := E_{n-1}(f)_2 = \inf\{\|f - \mathrm{T}_{n-1}\| : \mathrm{T}_{n-1}(x) \in \Im_{2n-1}\} = \|f - S_{n-1}(f)\| = \left\{\sum_{k=n}^{\infty} \rho_k^2(f)\right\}^{1/2},$$

Где $S_{n-1}(f;x) = \frac{a_0(f)}{2} + \sum_{k=1}^{n-1}(a_k(f)\cos kx + b_k(f)\sin kx) -$

частная сумма порядка $n-1$ ряда Фурье функции $f \in L_2$, а

$$\rho_л^2(f) = a_k^2(f) + b_k^2(f),\ (k \geq n).$$

Для произвольного $m \in \mathrm{N}$ величина $\omega_m(f;t) := \sup\left\{\left\|\Delta_h^m(f.)\right\| : |h| \leq t\right\}$

называется модулем непрерывности $m-$го $(m \in \mathrm{N})$ порядка функции $f \in L_2$, где

$$\Delta_h^m(f;x) = \sum_{k=0}^{m}(-1)^{m-k}\binom{m}{k} f(x+kh) -$$

конечная разность $m-$го порядка функции $f \in L_2$ в точке x с шагом $h.$

При решении некоторых экстремальных задач теории приближения в L_2 вместо обычного модуля непрерывности $\omega_m(f;t)$ для оценки наилучшего приближения $2\pi-$периодических функций иногда используют так называемый обобщенный модуль непрерывности

$$\Omega_m(f;t)_p=\left\{\frac{1}{t_m}\int_0^t\cdots\int_0^t\left\|\Delta_{\bar h}^m f(\cdot)\right\|_2^p dh_1,\, dh_2\cdots dh_m\right\}^{1/p},$$

где $t>0,\ \bar h=(h_1,\,h_2,\,\cdots,h_m),\ \Delta_{\bar h}^m=\Delta_{h_1}^1\circ\Delta_{h_2}^1\circ\cdots\circ\Delta_{h_m}^1$.

Среди экстремальных задач теории аппроксимации функций одной из наиболее важных является задача вычисления точных констант в неравенствах типа Джексона-Стечкина

$$E_{n-1}(f)\le\chi\, n^{-r}U_m\left(f^{(r)};\frac{\tau}{n}\right);\ r\in\mathrm{Z}_+,\ \tau>0,$$

где U_m-некоторая характеристика гладкости функций $f\in L_2^{(r)}\left(L_2^0\equiv L_2\right)$, например ω_m или Ω_m; $\chi-$некоторая константа.

В случае $U_m=\omega_m$ эта задача в разное время была исследована с различными экстремальными характеристиками, способствовавшими уточнению оценок сверху констант χ, например в работах $[1-5,\,9]$, а в случае $U_m=\Omega_m$ в работах [*см.* $6-8,\,10-15$] и приведённую там литературу.

В работе [1] Н.И. Черных отметил, что для характеристики величины $E_{n-1}(f)$ более естественным является не джексоновский функционал $\omega_m\left(f^{(r)};\,h\right),\ m,n\in\mathrm{N},\ 0<h\le\frac{\pi}{n}$, а усредненный с весом $\varphi(t)>0,\ 0<t\le h$ функционал

$$\Phi_{m,n}\left(f^{(r)};\,h\right)=\left\{\frac{\int_0^h\omega_m^2\left(f^{(r)};\,t\right)\cdot\varphi(t)dt}{\int_0^h\varphi(t)dt}\right\}^{1/2}.$$

Исходя из сказанного, вводим в рассмотрение следующую экстремальную характеристику

$$\mathrm{K}_{m,n,r}(h)=\sup_{\substack{f\in L_2^{(r)}\\ f^{(r)}\ne const}}\frac{2^{m/2}n^r E_{n-1}(f)}{\left(\frac{2}{h^2}\int_0^h(h-t)\Omega_m^{2/m}\left(f^{(r)};\,t\right)dt\right)^{m/2}},$$

содержащую обобщенный модуль непрерывности с весовой функцией $\frac{2}{h^2}(h-t)$, где $0 \le t \le h.$

Напомним необходимые понятия и определения, нужные нам в дальнейшем для формулировки результата.

Пусть $S = \{x;\ \|x\| \le 1\}$ – единичный шар в L_2, $\Re -$ выпуклое центрально-симметричное подмножество из L_2, $\Lambda_n \subset L_2$ $n-$мерное подпространство, $\Lambda^n \subset L_2$ – подпространство коразмерности n, $\mathrm{I}: L_2 -$ непрерывный линейный оператор, $\mathrm{I}^{\perp}: L_2 \to \Lambda_n$ – непрерывный оператор линейного проектирования.

Величины

$$b_n(\Re;\ L_2) = \sup\{\sup\{\varepsilon > 0;\ \varepsilon S \cap \Lambda_{n+1} \subset \Re\}: \Lambda_{n+1} \subset L_2\},$$

$$d_n(\Re;\ L_2) = \inf\{\sup\{\inf\{\|f - \varphi\|: \varphi \subset \Lambda_n\}:\ f \in \Re\}:\ \Lambda_n \subset L_2\},$$

$$\lambda_n(\Re;\ L_2) = \inf\{\inf\{\sup\{\|f - \mathrm{I}f\|:\ f \subset \Re\}: \mathrm{I}L_2 \in \Lambda_n\}:\ \Lambda_n \subset L_2\},$$

$$d^n(\Re;\ L_2) = \inf\{\sup\{\|f\|;\ f \in \Re \cap \Lambda^n\}: \Lambda^n \subset L_2\},$$

$$\Pi_n(\Re;\ L_2) = \inf\{\inf\{\sup\{\|f - \mathrm{I}^{\perp} f\|:\ f \subset \Re\}: \mathrm{I}\ L_2 \in \Lambda_n\}:\ \Lambda_n \subset L_2\}$$

называют соответственно бернштейновским, колмогоровским, линейным, гельфандовским и проекционным $n-$поперечниками в пространстве L_2.

Поскольку L_2 – гильбертово пространство, то между перечисленными выше поперечниками выполняются соотношения [14], [15]:

$$b_n(\Re;\ L_2) \le d^n(\Re;\ L_2) \le d_n(\Re;\ L_2) = \lambda_n(\Re;\ L_2) = \Pi_n(\Re;\ L_2). \quad (1)$$

Для произвольных $m \in \mathrm{N}$, $r \in Z_+$, и $h > 0$ введём в рассмотрение следующий класс функции:

$$W_m^{(r)}(h) := \left\{ f \in L_2^{(r)} : \frac{2}{h^2} \int_0^h (h-t)\Omega_m^{2/m}\left(f^{(r)}, t\right)dt \le 1 \right\}.$$

Пусть $\Phi(t),\ t > 0$ произвольная возрастающая функция, такая, что $\Phi(0) = 0.$ Через $W_{m,p}^{(r)}(\Phi) := W_{m,h,p}^{(r)}(\Phi),\ m \in \mathrm{N},\ r \in Z_+$ обозначим класс функций $f \in L_2^{(r)}$, для которых при любых $h > 0$ выполняется неравенство

$$\frac{2}{h^2} \int_0^h t\,\Omega_m^p\left(f^{(r)}, t\right)dt \le \Phi^p(h),$$

то есть, полагаем $W_m^{(r)}(\Phi) = \left\{ f \in L_2^{(r)} : \frac{2}{h^2} \int_0^h t\,\Omega_m^p\left(f^{(r)}, t\right)dt \le \Phi^p(h) \right\}.$

Следуя работе [7], обозначим через t_* величину аргумента функции $\frac{\sin t}{t}$, при котором эта функция достигает на полусегменте $[0;\infty)$ своего наименьшего значения. Очевидно, что t_* есть минимальный положительный корень уравнения

$$t = tgt,\ 4{,}49 < t_* < 4{,}51.$$

Положим

$$\left(1-\frac{\sin t}{t}\right)_* := \left\{1-\frac{\sin t}{t},\ \textit{если } 0 \le t \le t_*; 1-\frac{\sin t_*}{t_*},\ \textit{если } t \ge t_*\right\}.$$

Теорема 1. Пусть $m,n,r \in \mathrm{N},\ u\ h > 0.$ *Тогда имеют место равенства*

$$\lambda_{2n-1}\left(W_m^{(r)}(h);\ L_2\right) = \lambda_{2n}\left(W_m^{(r)}(h);\ L_2\right) = E_{2n-1}\left(W_m^{(r)}(h)\right) =$$

$$= \frac{1}{2^{m/2} n^r}\left\{1-\frac{2Si(nh)}{nh}+\left(\frac{2\sin\left(nh/2\right)}{nh}\right)^2\right\}^{-m/2},$$

где $\lambda_n(\cdot)-$ *любой из вышеперечисленных* $n-$*поперечников,* $S_i(u) = \int_0^u \frac{\sin t}{t} dt -$

интегральный синус.

Доказательство. Оценку сверху для проекционного $n-$поперечника получаем из неравенства

$$\frac{2^{m/2} n^r E_{n-1}(f)}{\left(\frac{2}{h^2}\int_0^h (h-t)\Omega_m^{2/m}\left(f^{(r)};t\right)dt\right)^{m/2}} \le \left[1-\frac{2Si(nh)}{nh}+\left(\frac{2\sin\left(nh/2\right)}{nh}\right)^2\right]^{-m/2}$$

с учетом определения класса функций $W_m^{(r)}(h)$:

$$\Pi_{2n}\left(W_m^{(r)}(h),\ L_2\right) \le \Pi_{2n-1}\left(W_m^{(r)}(h),\ L_2\right) \le E_{2n-1}\left(W_m^{(r)}(h)\right) =$$

$$= \frac{1}{2^{m/2} n^r}\left\{1-\frac{2Si(nh)}{nh}+\left(\frac{2\sin\left(nh/2\right)}{nh}\right)^2\right\}^{-m/2}. \qquad (2)$$

С целью получения оценки снизу бернштейновского $n-$ поперечника введем в рассмотрение $(2n+1)-$мерный шар полиномов $S_{2n+1} \in \Im_{2n-1} \cap L_2$:

$$S_{2n+1} = \left\{\mathrm{T}_n(x): \|\mathrm{T}_n(x)\| \le \frac{1}{2^{m/2}}\left\{1-\frac{2Si(nh)}{nh}+\left(\frac{2\sin\left(nh/2\right)}{nh}\right)^2\right\}^{-m/2}\right\}$$

и покажем его принадлежность классу $W_m^{(r)}(h)$.

Используя неравенство

$$\Omega_m\left(\mathrm{T}_n^{(r)},\, t\right)\le 2^{m/2} n^r \left(1-\frac{\sin nt}{nt}\right)_*^{m/2}\cdot\left\|\mathrm{T}_n\right\|,$$

доказанное в работе [11], будем иметь

$$\frac{2}{h^2}\int_0^h (h-t)\Omega_m^{2/m}\left(\mathrm{T}_n^{(r)},\, t\right)dt \le \frac{2}{h^2}\int_0^h (h-t)\cdot 2n^{2r/m}\left(1-\frac{\sin nt}{nt}\right)dt\cdot\left\|\mathrm{T}_n\right\|^{2/m}=1,$$

откуда следует, что $S_{2n+1}\in W_m^{(r)}(h)$. По определению бернштейновского

$n-$ поперечника получаем оценку снизу

$$\begin{aligned} &b_{2n}\left(W_m^{(r)}(h);\ L_2\right)\ge \hat{\lambda}_{2n-1}\left(W_m^{(r)}(h);\ L_2\right)\ge b_{2n}\left(S_{2n+1},\ L_2\right)= \\ &=\frac{1}{2^{m/2}n^r}\left\{1-\frac{2Si(nh)}{nh}+\left(\frac{2\sin\left(nh/2\right)}{nh}\right)^2\right\}^{-m/2}. \end{aligned} \qquad (3)$$

Утверждение теоремы вытекает из сопоставления неравенств (2) и (3).

Теорема доказана.

Из доказанной теоремы вытекает следующее

Следствие. *Пусть выполнены все условия теоремы. Тогда справедливо равенство*

$$\begin{aligned} &\hat{\lambda}_{2n-1}\left(W_n^{(r)}\left(\frac{\pi}{n}\right);\ L_2\right)=\hat{\lambda}_{2n}\left(W_n^{(r)}\left(\frac{\pi}{n}\right);\ L_2\right)= \\ &=E_{n-1}\left(W_n^{(r)}\left(\frac{\pi}{n}\right)\right)=\frac{1}{2^{m/2}n^r}\left\{\frac{\pi-2S_i(\pi)}{\pi}+\frac{4}{\pi^2}\right\}^{-m/2}. \end{aligned}$$

Имеет место следующая

Теорема 2. *Пусть* $m,n,r\in\mathrm{N}$, $1/r < p\le 2$ *и* $0<h\le \pi/n$. *Если для любых* $t\in R_+$ *мажоранта* $\Phi(t)$ *удовлетворяет условию*

$$\frac{\Phi^p(t)}{\Phi^p\left(\pi/n\right)}\ge\left(\frac{\pi}{nt}\right)^2\int_0^{nt}\tau\left(1-\frac{\sin\tau}{\tau}\right)_*^{mp/2}d\tau\left\{\int_0^{\pi}\tau\left(1-\frac{\sin\tau}{\tau}\right)^{mp/2}d\tau\right\}^{-1}, \qquad (4)$$

то при любых $n\in\mathrm{N}$ *справедливы равенства*

$$\begin{aligned} &p_{2n}\left(W_{m,p}^{(r)}(\Phi);\ L_2\right)=p_{2n-1}\left(W_{m,p}^{(r)}(\Phi);\ L_2\right)=E_n\left(W_{m,p}^{(r)}(\Phi)\right)_{L_2}= \\ &=2^{-m/2-1/p}n^{-r}\left\{\frac{1}{\pi^2}\int_0^{\pi}t\left(1-\frac{\sin t}{t}\right)^{mp/2}dt\right\}^{-1/p}\Phi\left(\frac{\pi}{n}\right), \end{aligned} \qquad (5)$$

где $p_k(\cdot)$ *– любой из вышеперечисленных* k *– поперечников: бернштейновский* $b_k(\cdot)$, *колмогоровский* $d_k(\cdot)$, *гельфандовский* $d^k(\cdot)$, *линейный* $\delta_k(\cdot)$, *проекционный* $\pi_k(\cdot)$. *При этом множество мажорант, удовлетворяющих условию* (4), *не пусто.*

Доказательство. С учетом определения класса $W_{m,p}^{(r)}(\Phi, h)$, для произвольной $f(x) \in W_{m,p}^{(r)}(\Phi)$ при $h = \pi/n$ из неравенства

$$E_n(f) \le 2^{-m/2} n^{-r} \left\{ \frac{2}{h^2} \int_0^h t \left(1 - \frac{\sin t}{t} \right)^{mp/2} dt \right\}^{-1/p} \left\{ \frac{2}{h^2} \int_0^h t \Omega_m^p \left(f^{(r)}, t \right) dt \right\}^{1/p} =$$

$$= 2^{-\left(m/2 + 1/p\right)} n^{-r} \left\{ \frac{1}{(nh)^2} \int_0^{nh} t \left(1 - \frac{\sin t}{t} \right)^{mp/2} dt \right\}^{-1/p} \left\{ \frac{2}{h^2} \int_0^h t \Omega_m^p \left(f^{(r)}, t \right) dt \right\}^{1/p}$$

получаем:

$$E_n(f) \le 2^{-\left(m/2 + 1/p\right)} n^{-r} \left\{ \frac{1}{\pi^2} \int_0^{\pi} t \left(1 - \frac{\sin t}{t} \right)^{mp/2} dt \right\}^{-1/p} \Phi\left(\frac{\pi}{n} \right),$$

откуда вследствие соотношений (1) запишем

$$p_{2n}\left(W_{m,p}^{(r)}(\Phi);\ L_2\right) \le p_{2n-1}\left(W_{m,p}^{(r)}(\Phi);\ L_2\right) \le$$
$$= 2^{-\left(m/2 + 1/p\right)} n^{-r} \left\{ \frac{1}{\pi^2} \int_0^{\pi} t (1 - \sin ct)^{mp/2} dt \right\}^{-1/p} \Phi\left(\frac{\pi}{n} \right). \quad (6)$$

Далее, с целью получения оценку снизу бернштейновского n – поперечника, введем в рассмотрение шар полиномов

$$\overline{S_{2n+1}} = \left\{ \mathrm{T}_n(x) : \|\mathrm{T}_n(x)\| \le 2^{-m/2 - 1/p} n^{-r} \left(\frac{1}{\pi^2} \int_0^{\pi} t \left(1 - \frac{\sin t}{t} \right)^{mp/2} \right)^{-1/p} \Phi\left(\frac{\pi}{n} \right) \right\}$$

и докажем, что $\overline{S}_{2n+1} \in W_{m,p}^{(r)}(\Phi)$. Имеем:

$$\frac{2}{h^2} \int_0^h t \Omega_m^p \left(\mathrm{T}_n^{(r)}, t \right) dt \le 2^{mp/2} \cdot n^{rp} \cdot \|\mathrm{T}_n\|^p \cdot \frac{2}{h^2} \int_0^h t \left(1 - \frac{\sin nt}{nt} \right)_*^{mp/2} dt \le$$
$$\le 2^{mp/2 + 1} \cdot n^{rp} \cdot 2^{-mp/2 - 1} \cdot n^{-rp} \left(\frac{1}{\pi^2} \int_0^h t \left(1 - \frac{\sin t}{t} \right)^{mp/2} dt \right)^{-1} \cdot$$
$$\cdot \left(\frac{1}{(nh)^2} \int_0^{nh} t \left(1 - \frac{\sin t}{t} \right)_*^{mp/2} dt \right) \Phi^p\left(\frac{\pi}{n} \right) = \Phi^p\left(\frac{\pi}{n} \right) \cdot \left(\frac{\pi}{nh} \right)^2 \int_0^{nh} t \left(1 - \frac{\sin t}{t} \right)_*^{mp/2} dt \cdot$$
$$\cdot \left(\int_0^{\pi} t \left(1 - \frac{\sin t}{t} \right)^{mp/2} dt \right)^{-1} \le \Phi^p(h).$$

Этим доказано, что шар $\overline{S}_{2n+1}$ принадлежит классу $W_{m,p}^{(r)}(\Phi)$, а потому согласно определению n – поперечника Бернштейна получаем оценку всех

вышеперечисленных поперечников снизу

$$p_{2n-1}\left(W_{m,p}^{(r)}(\Phi);\ L_2\right)\geq p_{2n}\left(W_{m,p}^{(r)}(\Phi);\ L_2\right)\geq b_{2n}\left(W_{m,p}^{(r)}(\Phi)\right)_{L_2}\geq$$

$$\geq b_{2n}\left(\overline{S}_{2n+1},\ L_2\right)=2^{-m/2-1/p}n^{-r}\left\{\frac{1}{\pi^2}\int_0^{nh}t\left(1-\frac{\sin t}{t}\right)^{mp/2}dt\right\}^{-1/p}\Phi\left(\frac{\pi}{n}\right),\quad(7)$$

где $p_k(\cdot)-$ по прежнему любой из вышеперечисленных $k-$ поперечников. Равенства (5) вытекают из оценки сверху (6) и оценки снизу (7).

Покажем, что функция $\Phi_{**}(t)=t^{\alpha/p},$ где

$$\alpha=\pi^2\Big/\int_0^{\pi}t\left(1-\sin ct\right)^{mp/2}dt-2,\quad(8)$$

удовлетворяет ограничению $(4).$ Так как

$$\frac{\pi^2}{mp}\leq\int_0^{\pi}t\left(1-\sin ct\right)^{mp/2}dt<\frac{\pi^2}{2},$$

то для границы значений число $\alpha:=\alpha(m,p)$ имеем:

$$0<\alpha<mp.\ (9)$$

Подставляя функцию $\Phi_{**}(t)$ в неравенство $(4),$ имеем:

$$\left(\frac{nh}{\pi}\right)^{\alpha+2}\geq\int_0^{nh}t\left(1-\frac{\sin t}{t}\right)_*^{mp/2}dt\cdot\left(\int_0^{\pi}t\left(1-\frac{\sin t}{t}\right)^{mp/2}dt\right)^{-1},\ (10)$$

справедливость которого требуется ещё доказать.

Полагая $nh=\pi\mu,\ 0\leq\mu<\infty,\ \alpha+2=\beta,$ перепишем неравенство (10) в эквивалентном виде

$$\mu^{\phi}\geq\int_0^{\mu\pi}t\left(1-\frac{\sin t}{t}\right)_*^{mp/2}dt\left(\int_0^{\pi}t\left(1-\frac{\sin t}{t}\right)^{mp/2}dt\right)^{-1}.\ (11)$$

С учетом равенства (8) неравенство (11) примет вид

$$\frac{\pi^2}{\alpha}\mu^{\beta}\geq\int_0^{\mu\pi}t\left(1-\sin ct\right)_*^{mp/2}dt,$$

где $0\leq\mu<\infty.$ Рассмотрим вспомогательную функцию

$$\psi(\mu) := \frac{\pi^2}{\alpha}\mu^{\beta} - \int_0^{\mu\pi} t\left(1-\sin ct\right)_*^{mp/2} dt. \quad (12)$$

Рассуждения проведем для трех случаев:

$$а)\ 0 \le \mu < 1;\ б)\ 1 \le \mu < t_*/\pi;\ в)\ t_*/\pi \le \mu < \infty.$$

В случае $а)$ сначала покажем, что в бесконечно малой окрестности нуля функция $\psi(\mu)$ является положительной.

В самом деле из (12) с учетом определения функции $\left(1-\frac{\sin t}{t}\right)_*$ получаем

$$\psi(\mu) := \frac{\pi^2}{\alpha}\mu^{\beta} - \int_0^{\mu\rho} t\left(1-\frac{\sin t}{t}\right)^{mp/2} dt = \quad (13)$$
$$= \mu^{\beta} - \left(\frac{\pi^2}{2} - \frac{\pi^{mp+2}}{(3!)^{mp}(mp+2)}\cdot\mu^{mp+2-\beta}\right).$$

Следовательно, при $\mu \to 0_+$ из (13) и (9) сразу следует, что $\psi(\mu) > 0$. Из (12) и (8) вытекает, что $\psi(0) = \psi(1) = 0$. Покажем, что на интервале $(0;1)$ функция (12) является знакопостоянной. Предполагая от противного, полагаем, что существует точка $\xi \in (0;1)$, в которой функция $\psi(\mu)$ меняет знак. В силу теоремы Ролля производная первого порядка функции ψ, то есть

$$\psi'(\mu) = \pi^2\mu\left[\mu^{\beta-2} - \left(1-\frac{\sin \mu\pi}{\mu\pi}\right)^{mp/2}\right] := \pi^2\mu\gamma(\mu), \quad (14)$$

должна иметь на интервале $(0;1)$ не менее двух различных нулей. Кроме того, из (14) очевидно, что $\psi'(0) = \psi'(1) = 0$. Таким образом, функция $\psi'(\mu)$ на отрезке $(0;1)$ имеет не менее четырех нулей и, в частности, из (14) следует, что функция

$$\gamma(\mu) = \mu^{\beta-2} - \left(1-\frac{\sin \mu\pi}{\mu\pi}\right)^{mp/2} \quad (15)$$

имеет на интервале $(0;1)$ не менее трех нулей. Но функция (14) (в силу (9) и неравенства $1/m < p \le 2,\ m \in \mathrm{N}$) является разностью двух функций, одна из которых выпукла вниз, а другая выпукла вверх. Из геометрических соображений очевидно, что на интервале $(0;1)$ функция $\beta(\mu)$ не может иметь более двух различных нулей. Полученное противоречие доказывает справедливость равенство (13) на отрезке $0 \le \mu < 1.$

Пусть теперь $1 \le \mu < t_* / \pi$ или что то же $\pi < \mu\pi < t_*$. В этом случае, как следует из равенств (14) и (15), при любом $\mu \in \left(1;\ t_* / \pi\right)$ всегда $\psi'(\mu) > 0$, и таким образом неравенство (13) и в этом случае выполняется.

Рассмотрим наконец случай $t_* / \pi \le \mu < \infty$. В этом случае, используя определение функции $\left(1 - \frac{\sin x}{x}\right)_*^{mp/2}$, равенство (14) запишем в виде

$$\psi(\mu) := \frac{\pi^2}{\alpha}\mu^{\beta} - \int_0^{t_*} t\left(1-\sin ct\right)^{mp/2} dt - \frac{1}{2}\left(\mu^2\pi^2 - t_*^2\right)\left(1-\sin ct_*\right)^{mp/2}.$$

Отсюда следует, что

$$\psi'(\mu) = \pi^2\mu\left[\mu^{\beta-2} - \left(1-\sin ct_*\right)^{mp/2}\right] \quad (16)$$

Так как в силу (9)

$$\psi'\left(\frac{t_*}{\pi}\right) = \pi t_*\left[\left(\frac{t_*}{\pi}\right)^{\beta-2} - \left(1-\sin ct_*\right)^{mp/2}\right] > 0,$$

то из (14) следует, что $\psi'(\mu) > 0$ для любого $\left(t_* / \mu, \infty\right)$. Это означает, что на рассматриваемом промежутке равенства (13) также имеет место. Теорема 2 полностью доказана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черных Н.И. О наилучшем приближении периодических функций тригонометрическими этимполиномами в L_2./ Н.И. Черных. Матем. заметки, 2, №5 (1967). – С.513-522.
2. Тайков Л.В. Неравенства, содержащие наилучшие приближения и модуль
1. непрерывности функций из L_2./ Л.В. Тайков. Матем. заметки, 20, №3 (1976). –С. 433-438.
2. Лигун А.А. Некоторые неравенства между наилучшими приближениями и модулями непрерывности в пространстве L_2./А.А. Лигун. Матем.заметки, 24, №6, (1978). – С. 785-792.
3. Шалаев В.В. О поперечниках в L_2 классов дифференцируемых функций, определяемых модулями непрерывности высших порядков/ В.В. Шалаев. Укр. матем. журнал, 43, №1, (1991). – С.125-129.
4. Есмаганбетов М.Г. Поперечники классов из $L_{2[0;\ 2\pi]}$ и минимизация точных констант в неравенствах типа Джексона/ М.Г.Есмаганбетов. Матем.заметки.1999. Т.65, №6. – С. 816-820.
5. Вакарчук С.Б. Точные константы в неравенствах типа Джексона и точные значения поперечников функциональных классов из L_2./ С.Б. Вакарчук. Матем. заметки, 78, №5, (2005). – С.792-796.
6. Vakarchuk S.B. Widths of function classes from L_2 and exact constants in Jackson type inequalities/ S.B.Vakarchuk, V.I. Zabutna. East Journal on Approximations. 2008. V.14, №4. - P. 411-421.
7. Вакарчук С.Б. Точное неравенство типа Джексона Стечкина в L_2 и поперечники функциональных классов/ С.Б. Вакарчук, В.И. Забутная. Матем. заметки,86, №3, (2009). – С. 328-336.
8. Шабозов М.Ш. Наилучшие полиномиальные приближения в L_2 некоторых классов 2π — периодических функций и точные значения их поперечников/ М.Ш. Шабозов, Г.А. Юсупов. Матем. заметки, 90. №5, (2011). – С. 764-775.

9. Шабозов М.Ш. Наилучшие полиномиальные приближения дифференцируемых периодических функций и значения поперечников классов функций, задаваемых обобщенными модулями непрерывности в L_2. / М.Ш.Шабозов, С.С. Хоразмшоев Изв. АН РТ. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. н. 2011. Т.142, №1. - С.7-19.
10. Юсупов Г.А. Наилучшие полиномиальные приближения и точные значения поперечников некоторых классов функций из $L_2[0;\ 2\pi]$. ДАН. РТ. 2010, т.53, № 8. - С.588-594.
11. Юсупов Г.А. Точные значения поперечников некоторых классов функций из L_2 и минимизация констант в неравенствах типа Джексона-Стечкина/ Г.А. Юсупов. Модел.и анализ информ. систем, 2013, т. 20 №5. - С. 106-116.
12. Юсупов Г.А. О структурных характеристиках функций из L_2 и точных значениях поперечников некоторых классов функций/ Г.А.Юсупов. ДАН РТ. 2015, т.58, № 2. - С.101-105.
13. Лангаршоев М.Р. Точные неравенства типа Джексона-Стечкина и значения поперечников некоторых классов функций в пространстве L_2 · Модел. ианализ информ. систем, 2013, т. 20 №5. - С. 90-105.
14. Langarshoev M.R. Sharp inequality of Jackson-Stechkin type and widths of functional classes in the space L_2 · / Langarshoev M.R. Eurasian mathematical Journal, v.5, №1. -P.122-134, 2014.
15. Pinkus A.. n-Widths in Approximation Theory. Ergeb. Math. Grenzgeb. (3), 7, Berlin: Springer-Verlag, 1985.
16. Тихомиров В.М. Некоторые вопросы теории приближений/ В.М. Тихомиров. М.: МГУ, 1976.

REFERENCES LITERATURE

1. Chernykh N.I. On the best approximation of periodic functions by trigonometric Etympolynomials in / N.I. Black. Mat. Notes, 2, No. 5 (1967). - P.513-522.
2. Taikov L.V. Inequalities Containing Best Approximations and Modulus continuity of functions from / L.V. Taikov. Mat. Notes, 20, No. 3 (1976). –FROM. –P/433-438.
3. Ligun A.A. Some inequalities between best approximations and moduli of continuity in space / A.A. Ligun. Mat. Notes, 24, no. 6, (1978). - P. 785-792.
4. Shalaev V.V. On diameters in classes of differentiable functions determined by moduli of continuity of higher orders / V.V. Shalaev. Ukr. mat. magazine, 43, No. 1, (1991). - P. 125-129.
5. Esmaganbetov M.G. Widths of classes from and minimization of exact constants in inequalities of Jackson type / M.G. Esmaganbetov. Mathematical Notes. 1999. T.65, No. 6. - P. 816-820.
6. Vakarchuk S. B. Exact constants in Jackson-type inequalities and exact values L_2 of the widths of functional classes from / S.B. Vakarchuk. Mat. notes, 78, no. 5, (2005). - P.792-796.
7. Vakarchuk S.B. Widths of function classes from L_2 and exact constants in Jackson type inequalities/ S.B.Vakarchuk, V.I. Zabutna. East Journal on Approximations. 2008. V.14, №4. - P. 411-421.
8. Vakarchuk S.B. An Exact Inequality of the Jackson-Stechkin Type in and the Widths of Functional Classes / S.B. Vakarchuk, V.I. Zabutnaya. Mat. notes, 86, no. 3, (2009). - P. 328-336.
9. Shabozov M.Sh. Best polynomial approximations in some classes of periodic functions and exact values L_2 · of their diameters / M.Sh. Shabozov, G.A. Yusupov. Mat. notes, 90. No. 5, (2011). - P. 764-775.
10. Shabozov M.Sh. Best polynomial approximations of differentiable periodic functions and the values L_2 · of the widths of classes of functions defined by generalized moduli of continuity in / M.Sh. Shabozov, S.S. Khorazmshoev Izv. AN RT. Dept. phys.-mat., chem., geol. and tech. n. 2011. Vol. 142, No. 1. - P.7-19.
11. Yusupov G.A. Best polynomial approximations and exact values L_2 · of the diameters of some classes of functions from DAN. RT. 2010, v. 53, No. 8. - pp. 588-594. 12. Yusupov G.A. Exact values L_2. of diameters of some classes of functions from and minimization of constants in inequalities of the Jackson-Stechkin type / G.A. Yusupov. Model and analysis of information systems, 2013, v. 20 No. 5. - P. 106-116.
12. Yusupov G.A. Structural characteristics of functions from L2 and exact values L_2 · of diameters of some classes of functions / G.A. Yusupov. DAN RT. 2015, v.58, No. 2. - P.101-105.
13. Langarshoev M.R. Sharp Jackson-Stechkin Type Inequalities and Values widths of some classes of functions in the space Model. and analysis of information systems, 2013, v. 20 No. 5. - P. 90-105.
14. Langarshoev M.R. Sharp inequality of Jackson-Stechkin type and widths of functional classes in the space L_2 · / Langarshoev M.R. Eurasian mathematical Journal, v.5, №1. -P.122-134, 2014.
15. Pinkus A.. n-Widths in Approximation Theory. Ergeb. Math. Grenzgeb. (3), 7, Berlin: Springer-Verlag, 1985.
16. Tikhomirov V.M. Some questions of approximation theory / V.M. Tikhomirov. Moscow: Moscow State University, 1976.

ОИД БА ҚИМАТҲОИ ҚУТРҲОИ СИНФҲОИ ФУНКСИЯҲОИ ДАВРӢ

Дар байни масъалаҳои экстремалии назарияи наздиккунии функсияҳо яке аз масъалаҳои асосӣ ин ёфтани доимиҳои аниқ дар нобаробариҳои намуди Ҷексон-Стечкин мебошад. Нобаробариҳои намуди Ҷексон-Стечкин дар фазои нормиронидашудаи дидабаромадашаванда гуфта, нобаробариҳоеро меноманд, ки дар онҳо бузургии наздиккунии беҳтарини функсияҳои зерфазоҳои охирченака бавоситаи модули бефосилагии худи функсия ё ин ки модули бефосилагӣ аз ҳосилаи функсия баҳо дода мешаванд. Дар мақоламасъалаи экстремалии ҳисобкунии сарҳади болоии аниқи наздиккунии функсияҳои дифференсиронидашавандаи даврӣ ва ёфтани қиматҳои аниқи гуногуни қутрҳои синфи функсияҳои нишондодашуда дар фазои гилбертии $L_2[0,2\pi]$ дида баромада мешаванд. Ҳангоми ҳалли масъалаи экстремалии гузошташуда ба сифати характеристикаи функсияҳои суфта модули умумикардашудаи бефосилагии тартиби $m-u$

$$\Omega_m(f;t)_p=\left\{\frac{1}{t_m}\int_0^t\cdots\int_0^t\left\|\Delta_{\bar{h}}^m f(\cdot)\right\|_2^p dh_1, dh_2\cdots dh_m\right\}^{1/p}$$

дохил карда мешавад, ки дар ин ҷо $t>0,\ \bar{h}=(h_1,\ h_2,\ \cdots,h_m),\ \Delta_{\bar{h}}^{m}=\Delta_{h_1}^{1}\circ\Delta_{h_2}^{1}\circ\cdots\circ\Delta_{h_m}^{1}$ мебошанд ва наздиккунии беҳтарини полиномиалии функсияҳои даврии 2π дар фазои гилбертии $L_2[0,2\pi]$ баҳо дода мешавад.

Инчунини дигар дар мақола қимати аниқи қутрҳои маълум барои баъзе синфи функсияҳо ҳисоб карда шудааст, ки модули бефосилагии тартиби $m-u\ \Omega_m$ муайян мекунанд ва ҳосилаи $f^{(r)}$ — уми он бо функсияҳое мажоронида мешаванд, ки шарти муайянро қаноат менамояд.

Калидвожаҳо: наздиккунии беҳтарин, модули умумикардашудаи бефосилагии тартиби $m,$ мажорант функсия, $n-$ қутрҳо.

О ЗНАЧЕНИИ ПОПЕРЕЧНИКОВ КЛАССОВ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

Среди экстремальных задач теории приближения функций наиболее важной является задача отыскания точных констант в неравенстве типа Джексона-Стечкина. Под неравенствами Джексона-Стечкина в рассматриваемом нормированном пространстве понимают неравенства, в которых величина наилучшего приближения функции конечномерным подпространством оценивается через модуль непрерывности самой функции или некоторой её производной. В данной работе рассматриваются экстремальные задачи вычисления точных верхних граней приближения классов периодических дифференцируемых функций, и отыскания точных значений различных поперечников указанных классов функций в гильбертовом пространстве $L_2[0,2\pi]$. При решении поставленных экстремальных задач в качестве характеристики гладкости функции вводится обобщенный модуль непрерывности m-го порядка

$$\Omega_m(f;t)_p=\left\{\frac{1}{t_m}\int_0^t\cdots\int_0^t\left\|\Delta_{\bar{h}}^{m}f(\cdot)\right\|_2^p dh_1,\ dh_2\cdots dh_m\right\}^{1/p},$$

где $t>0,\ \bar{h}=(h_1,\ h_2,\ \cdots,h_m),\ \Delta_{\bar{h}}^{m}=\Delta_{h_1}^{1}\circ\Delta_{h_2}^{1}\circ\cdots\circ\Delta_{h_m}^{1}$, для оценки наилучшего полиномиального приближения 2π-периодических функций принадлежащих гильбертовом пространстве $L_2[0,2\pi]$. Вычислены точные значения ряда известных поперечников для некоторых классов функций, определяемых обобщёнными модулями непрерывности $m-$го порядка $\Omega_m,\ f^{(r)}$ —тые производные которых мажорируются функциями, удовлетворяющими определённым ограничениям.

Ключевые слова: наилучшее приближение, обобщённый модуль непрерывности $m-$го порядка, мажорантная функция, $n-$ поперечники.

APPROXIMATION OF FUNCTIONS OF CLASS BY LINEAR POSITIVE OPERATORS

Among the extremal problems of the theory of approximation of functions, the most important is the problem of finding exact constants in an inequality of Jackson-Stechkin type. By Jackson-Stechkin inequalities in the normalized space under consideration, we mean inequalities in which the value of the best approximation of a function by a finite-dimensional subspace is estimated in terms of the modulus of continuity of the function itself or some of its derivatives. In this paper, we consider extremal problems of calculating the exact upper bounds for the approximation of classes of periodic differentiable functions and finding the exact values $L_2\cdot$ of the various widths of the indicated classes of functions in the Hilbert space $L_2[0,2\pi]$. When solving the posed extremal problems, the generalized modulus of continuity of the mth order is introduced as a characteristic of the smoothness of the function

$$\Omega_m(f;t)_p=\left\{\frac{1}{t_m}\int_0^t\cdots\int_0^t\left\|\Delta_{\bar{h}}^{m}f(\cdot)\right\|_2^p dh_1,\ dh_2\cdots dh_m\right\}^{1/p},$$

where $t>0,\ \bar{h}=(h_1,\ h_2,\ \cdots,h_m),\ \Delta_{\bar{h}}^{m}=\Delta_{h_1}^{1}\circ\Delta_{h_2}^{1}\circ\cdots\circ\Delta_{h_m}^{1}.$, to estimate the best polynomial approximation of 2π-periodic functions belonging to the Hilbert space $L_2[0,2\pi]$. The exact values $L_2\cdot$ of a number of known widths are calculated for some classes of functions determined by generalized moduli of continuity of mth order Ω_m, whose derivatives $f^{(r)}$ — its derivatives will be satisfied with functions due to certain conditions.

Keywords: the best approximation,inefficient procedure module mth order,majorant, $n-$ widths.

Маълумот дар бораи муаллиф: ***Хоразмшоев Саидҷобир Саиднасиллоевич*** – Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, номзади илмҳои физикаю математика, и.в. дотсенти кафедраи математикаи олӣ. Тел.: 935357973. Email: skhorazmshoev.@mail.ru.

Сведения об авторе: ***Хоразмшоев Саидджобир Саиднасиллоевич*** – Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими, кандидат физико-математических наук, и.о. доцент кафедры высшей математики. Тел.: 935357973. Email: skhorazmshoev.@mail.ru.

Information about the author: ***Khorazmshoev Saidjobir Saidnasilloevich*** – Tajik technical University named after academician M.S.Osimi, candidate of physical and mathematical sciences associate of the department of higher mathematics. Ph.: 935357973. Email: skhorazmshoev.@mail.ru.

УДК: 533.694.73

О ДВУХСТОРОННИХ ОЦЕНКАХ СОСТОЯНИЯ МОДЕЛЬНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ, СВЯЗАННЫХ С ЯВЛЕНИЕМ ПОПУЛЯЦИОННОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ

Ганиев Ч.
Таджикский национальный университет

В данной работе рассмотрены математические вопросы оценки популяционной численности в рамках биологических популяций, систем с учетом временно-возрастного и пространственного распределения.

Известно, что проблемы теория перехода к хаосу через последовательность бифуркаций удвоения периода была развита на базе модельных одномерных отображений М. Фейгенбаум, поэтому сам данный бифуркационный механизм получил название сценария Фейгенбаума. В данной работе мы будем исследовать хаотичное состояние популяции как популяционной турбулентности, которая описывается при помощи популяционных моделей с учетом временно-возрастной и пространственных распределений. Такие модели были изучены различными авторами. Более глубокое изучение этих моделей в самых общих случаях и их применения в различных областях естествознания были проведены в работах проф. Юнуси [1-12]. В этих работах также разработана теория дифференциальных уравнений с экстремальными свойствами сущности, которой заключается в том, что при некоторых значениях коэффициентов уравнения процессы протекают в экстремальном режиме. Следует отметить, что методы прогнозирования социально-экономических систем обычно требует прогнозирования динамики людской популяции и связанные с ним вопросы функционирования экономических систем и прогнозирования состояния естественных экологических систем биологических популяций. Очевидно, реальные эксперименты на них невозможны и весьма дороги. Связи с этим возникает проблемы компьютерного моделирования и прогнозирования их состояний. Ясно, что использование методов математического моделирования позволяет ввести идентичное функционирование социальных систем, в частности, биологических популяций, прямые эксперименты которые сложно осуществимы.

На основе результатов проф. Юнуси [1-12] доказывается ряд теорем, из которых следует обосновать задачи оценки популяционной турбулентности. Мы будем рассматривать задачу охраны в случаях, когда система находится в стационарном и нестационарном режимах, и когда в популяциях учитываются их возраст и пространственные распределения и возникают популяционные процессы.

Рассмотрим постановку и решение задач оценки численности модельных популяций в постановке, предложенной и обоснованной проф. Юнуси [12,13]:

Задается желаемый диапазон изменения численности некоторого биологического вида (или видов), а для остальных видов определяются границы диапазона изменения их численности, так чтобы численность популяции выбранного вида находилась в соответствующих заданных диапазонах.

Сформулируем задачи оценки популяционной численности, т.е. задачи охраны для модельной популяции, находящейся в состоянии турбулентности, мы будем называть задачей Юнуси. Рассмотрим модельную систему биологических популяций, принадлежащих пирамиду трех пищевых связей. В эту систему извне поступают пищевые ресурсы с массой - N_0 со скоростью Q. Суммарные численности различных уровней пирамиды пищевых связей в равновесном режиме можно описать при помощи следующей системе алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} Q + F_0(N_0, N_1) = 0, \\ N_1 \cdot F_1(N_0, N_1, N_2) = 0, \\ N_2 \cdot F_2(N_1, N_2, N_3) = 0, \\ N_3 \cdot F_3(N_2, N_3) = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где $F_i=F_i(.)$, $i=\overline{0,3}$ удельные скорости i-го трофического уровня, причем

$$\frac{\partial F_i}{\partial N_i} \le 0; \quad \frac{\partial F_i}{\partial N_j} \le 0 \quad \text{когда} \quad i \le j; \quad \frac{\partial F_i}{\partial N_j} \ge 0 \quad \text{когда} \quad i > j. \quad (2)$$

Предполагается, что $N_i^{\min}$, $N_i^{\max}$ – желаемые диапазоны изменения численности i-го вида популяционной турбулентности (1), в которых необходимо эту численность сохранить, т.е.

$$N_i^{\min} < N_i < N_i^{\max}, \; i=1,2,3 \quad (3)$$

Величины $N_j^{\min}, N_j^{\max}$ назовем критическими значениями для j-ых видов ($j=1,2,3$), если для всех этих величин, удовлетворяющих (3) и

$$N_j^{\min} < N_j < N_j^{\max}, \quad (4)$$

при $i \neq j$ имеет место неравенство (4).

Определение. Задача нахождения величины $N_j^{\min}$, $N_j^{\max}$ из (1), (4), которые обеспечивают выполнение неравенства (3), называется задачей сохранения диапазона изменения i-го биологического вида в стационарном режиме.

Рассмотрена стационарная задача оценки популяций, входящих в сообщества биологических систем. Для нахождения критических значений, т.е. решения задачи сохранения, рассмотрен случай, когда состояние популяций, входящих в биологическую систему, описывающую по закону напряженных пищевых связей предложенной Вольтерра

$F_0=-\alpha_0 N_0 N_1$, $F_1=k_0\alpha_0 N_0 - \alpha_1 N_2 - m_1$,

$F_2= k_1\alpha_1 N_1 - \alpha_2 N_3 - m_2$, $F_3=k_2\alpha_2 N_2 - \varepsilon N_3 - m_3$, (5)

Рассмотрены следующие случаи:

1. Требуется сохранить численности биологических популяций в пределах $N_3^{\min}$, $N_3^{\max}$, т.е.

$$N_3^{\min} \le N_3 \le N_3^{\max} \quad (6)$$

Критические значения $N_j^{\min}, N_j^{\max}$, $j=1,2$ определены так, чтобы с учетом (5) и $N_j^{\min} \le N_j \le N_j^{\max}$, $j=1,2$

имело место неравенство (6). Используя (5) и учитывая условие $N=(N_1, N_2, N_3)>0$, система (1) принимает вид:

$$\begin{cases} Q - \alpha_0 N_0 N_1 = 0, \\ k_0\alpha_0 N_0 - \alpha_1 N_2 - m_1 = 0, \\ k_1\alpha_1 N_1 - \alpha_2 N_3 - m_2 = 0, \\ k_2\alpha_2 N_2 - \varepsilon N_3 - m_3 = 0. \end{cases}$$

Соответственно критические значения потребляемой пищи для соответствующего биологического вида определяются по формуле:

$$N_1^{\min} = \frac{\alpha_2 N_3^{\min}}{k_1\alpha_1} + \frac{m_2}{\alpha_1 k_1}, \; N_1^{\max} = \frac{\alpha_2 N_3^{\max}}{k_1\alpha_1} + \frac{m_2}{\alpha_1 k_1},$$

$$N_2^{\min} = \max\left\{\overline{N}_2^{\min},\quad \overline{\overline{N}}_2^{\min}\right\},\ N_2^{\max} = \min\left\{\overline{N}_2^{\max},\quad \overline{\overline{N}}_2^{\max}\right\}.$$

2. Пусть теперь в биологической системе оценивается численности биологического вида первого уровня, т.е. заданы $N_1^{\min}$, $N_1^{\max}$, которые обеспечивают выполнение (6). Критические значения для остальных биологических уровней требуется определить $N_j^{\min}$, $N_j^{\max}$, *j=2,3* для которых справедливы неравенства:

$$N_j^{\min} \le N_j \le N_j^{\max},\ j=2,3.$$

Аналогичным образом

$$N_3 \le \frac{k_1\alpha_1}{\alpha_2} N_1^{\max} - \frac{m_2}{\alpha_2} = \overline{N}_3^{\max}\ N_3^{\min} = \max\left\{\overline{N}_3^{\min},\quad \overline{\overline{N}}_3^{\min}\right\},$$

$$N_3^{\max} = \min\left\{\overline{N}_3^{\max},\quad \overline{\overline{N}}_3^{\max}\right\}.$$

3. Пусть теперь $N_2^{\min}$, $N_2^{\max}$ - заданные (в каком-то смысле) наилучшие критические значения численности второго уровня биологической системы пирамиды пищевых связей, в пределах которых необходимо сохранить их численность, т.е.

$$N_2^{\min} \le N_2 \le N_2^{\max}$$

На основе предложенной методики получено

$$N_1^{\min} = \frac{k_0\alpha_0 Q}{\alpha_1 N_2^{\max} + m_1} \le N_1 \le \frac{k_0\alpha_0 Q}{\alpha_1 N_2^{\min} + m_1} = N_1^{\max}$$

$$N_3^{\min} = \max\left\{\frac{1}{\alpha_2}\left(\frac{k_0\alpha_0 k_1\alpha_1 Q}{\alpha_1 N_2^{\max} + m_1} + m_2\right),\quad \frac{1}{\varepsilon}\left(k_2\alpha_2 N_2^{\min} + m_3\right)\right\},$$

$$N_3^{\max} = \min\left\{\frac{1}{\alpha_2}\left(\frac{k_0\alpha_0 k_1\alpha_1 Q}{\alpha_1 N_2^{\min} + m_1} + m_2\right),\quad \frac{1}{\varepsilon}\left(k_2\alpha_2 N_2^{\max} + m_3\right)\right\}$$

Итак, справедлива следующая: *Пусть теперь* $N_2^{\min}$, $N_2^{\max}$ - *соответствующие в каком-то смысле наилучшему значению численности биологического вида второго уровня, в пределах, которых мы хотим сохранить количество их численность, т.е.* $N_2^{\min} \le N_2 \le N^{\max}{}_2$. *Тогда* ($N_1^{min}$, N_1^{max}, N_3^{min}, N_3^{max}) *решение задачи оценки численности популяционной турбулентности оценивается следующим образом:*

$$N_1^{\min} = \frac{k_0\alpha_0 Q}{\alpha_2 N_2^{\max} + m_1},\ N_1^{\max} = \frac{k_0\alpha_0 Q}{\alpha_2 N_2^{\min} + m_1},$$

$$N_3^{\min} = \max\left\{\frac{1}{\alpha_2}(m_2 + \frac{k_0 k_1\alpha_0\alpha_1}{\alpha_1 N_2^{\max} + m_1} Q), \frac{1}{\varepsilon}(k_2\alpha_2 N_2^{\min} + m_3)\right\},$$

$$N_3^{\max} = \min\left\{\frac{1}{\alpha_2}(m_2 + \frac{k_0 k_1\alpha_0\alpha_1}{\alpha_1 N_2^{\min} + m_1} Q), \frac{1}{\varepsilon}(k_2\alpha_2 N_2^{\max} + m_3)\right\}.$$

4.**Рассмотрим динамическую модельную популяцию с учётом временной-возрастной и пространственного распределений [10,12]:**

$$\begin{cases} \dfrac{\partial N}{\partial t}+\dfrac{\partial N}{\partial a}+\sum\limits_j \vartheta_j \dfrac{\partial N}{\partial x_j}=F_0(a)N+\sum\limits_j D_j \dfrac{\partial^2 N}{\partial x_j^2}, \ 0<x_j<L_j, \ 0<a\le a_{\max}, \quad 0<t\le t_k, \\ N(x,a,0)=N_0(x,a), \quad 0\le x_j\le L_j, \ 0\le a\le a_{\max}, \quad j=1,\dots,m \\ N(x,0,t)=\int\limits_0^{a_{\max}} B_0(\xi)N(x,\xi,t)d\xi, \quad 0\le x_j\le L_j, \ 0\le t\le t_k, \\ \dfrac{\partial N}{\partial x}-\alpha_j N\Big|_{x_j=(0,L_j)}=0, \end{cases} \tag{7}$$

где $N=N(x,a,t)$- численность популяции в точке $x=(x_1, x_2)$, возраста a, в момент времени t, $F_0=F_0(a)-$ коэффициент смертности, $B_0=B(a)-$ коэффициент рождаемости, $N_0=N_0(x,a)-$ численность популяции в начальный момент времени. Если ввести замену, предложенную в работах проф. Юнуси [5-13]: $u(x,a,\tau)=\varphi(x,a,\tau)\exp\left(\int\limits_0^a F_0(\xi)d\xi+\sum\limits_j \vartheta_j \dfrac{x_j}{2D_j}-\sum\limits_j \dfrac{\vartheta_j^2 a}{4D_j}\right)$,

$a'=a, \ t'=a+\tau, \ \varphi(x,a,\tau)=N(x,a,a+\tau)$, то вместо задачи (7) получим задачу:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial u}{\partial a}=\sum\limits_j D_j \dfrac{\partial^2 u}{\partial x_j^2}, \ 0\le x_j\le L_j, \ 0<a\le a_{\max}, \ 0<t\le t_k \\ u(x,0,\tau)=\int\limits_0^{a_{\max}} B_0(\xi)u(x,\xi,t)d\xi, \\ \dfrac{\partial u}{\partial x_j}\Big|_{\substack{x_j=0\\ x_j=L_j}}=0. \end{cases} \tag{8}$$

Предположим, что $D_j=D\alpha_j$, $\alpha_j\in M$, $0<\alpha_j<1$ где $M=\left\{\alpha:\alpha_0=(\alpha_1,\dots,\alpha_m), \ \sum\limits_j \alpha_j^{\frac{n}{n-s}}=1\right\}$,

Популяционной “турбулентностью” в рамках модели (8) (или(7)), мы назовём такое состояние популяции, в котором при некотором значении вектора α, $\alpha=(\alpha_1,\dots,\alpha_m)\in M$, величина $\left(\sum\limits_{j=1}^m \alpha_j\left(\dfrac{\partial^2 u}{\partial x_j^2}\right)^s\right)^{1/s}$, $\quad s>0$,

принимает своё максимальное значение, т.е. $\dfrac{\partial u}{\partial a}=\max\limits_{\alpha\in M}\sum\limits_{j=1}^m \alpha_j \dfrac{\partial^2 u}{\partial x_j^2}$.

Справедливо следующее утверждение:

Уравнение $Z=\max\limits_{\alpha\in M}(\alpha,X^s)^{1/s}$ *и*

уравнение $Z^n=\sum\limits_{j=1}^m X_j^n$ *ò.å.* $\left(\dfrac{\partial u}{\partial a}\right)^n=\sum\limits_{j=1}^m\left(D_j\dfrac{\partial^2 u}{\partial x_j^2}\right)^n$ *эквивалентны.*

Уравнение $\dfrac{\partial u}{\partial a}=\max\limits_{\alpha\in M}\left(\alpha\left(\dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2}\right)^s\right)^{1/s}$ или $\left(\dfrac{\partial u}{\partial a}\right)^n=\sum\limits_{j=1}^m\left(D_j\dfrac{\partial^2 u}{\partial x_j^2}\right)^n$ называется уравнением популяционной турбулентности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mahmadyusuf Yunusi. The method of extreme representations and its applications/ M. Yunusi. -Dushanbe, "Sino", TNU, - 2019. - 49 p.
2. Mahmadyusuf Yunusi. Some Lectures on Information tekhnology as an interdisciplinary instrument in learning and teaching modern disciplines of educational process leading to professionalism/ M. Yunusi. -Dushanbe, "Sino", TNU, - 2019,. - 340p.
3. Mahmadyusuf Yunusi. The Producing functional in solutions of some extreme problems connected with heat conduction and Navier-Stokes equations and some others processes/ M. Yunusi. Engineering World, Open Access Journal, ISSN 2692-5079, Volume 1, 2019, p. 116-120.
4. Muhammadyusuf Yunusi. About solutions of some nonlinear singular model problems taking into account functional initial conditions and extreme regime/ M. Yunusi Engineering World, Open Access Journal, ISSN 2692-5079, Volume 2, 2020, p. 63-70.
5. Mahmadyusuf Yunusi. The Producing functional and its applications. International journal of pure mathematics, DOI: 10.46300/91019.2020.7.1 ,Volume 7, 2020, ISSN: 2313-0571, p.1-3
6. Mahmadyusuf Yunusi. Model of Numbers Tree and its applications, International Congress Mathemations/ M. Yunusi. The Book Abstracts, ICM 2010, Hyderabad, India, 2010. – P.531-532.
7. Юнуси М.К. Оптимальное управление в некоторых задачах управления агроценозами и охраняемыми биологическими видами[1,2.] / М.К.Юнуси. Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. Душанбе, 2018. №2. -С. 38-47.
8. Юнуси М. Оптимальное управление в задачах защиты планируемого урожая, охраняемых биологических популяций и их применения/ М.К.Юнуси. - Душанбе, 2018. – 288 с.
9. Юнуси М.К. Модели синергетической оптимизации биологии с учетом временного, возрастного и пространственного распределения// М.К.Юнуси. Вестник Университета, 2019, № 3. – С. 43-51.
10. Юнуси М.К. Математические модели управления агроценозами и охраняемыми биологическими популяциями. Докторская диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук)/ / М.К.Юнуси. –Москва.: Вычислительный центр АН СССР (1990). – 308 с.
11. Юнуси М.К. Критические значения в моделях сохранения редких видов изащиты растений/ М.К.Юнуси. - Душанбе, 1991. – 52 с.

REFERENCES LITERATURE

1. Mahmadyusuf Yunusi. The method of extreme representations and its applications/ M. Yunusi. -Dushanbe, "Sino", TNU, - 2019. - 49 p.
2. Mahmadyusuf Yunusi. Some Lectures on Information tekhnology as an interdisciplinary instrument in learning and teaching modern disciplines of educational process leading to professionalism/ M. Yunusi. -Dushanbe, "Sino", TNU, - 2019,. - 340p.
3. Mahmadyusuf Yunusi. The Producing functional in solutions of some extreme problems connected with heat conduction and Navier-Stokes equations and some others processes/ M. Yunusi. Engineering World, Open Access Journal, ISSN 2692-5079, Volume 1, 2019, p. 116-120.
4. Muhammadyusuf Yunusi. About solutions of some nonlinear singular model problems taking into account functional initial conditions and extreme regime/ M. Yunusi Engineering World, Open Access Journal, ISSN 2692-5079, Volume 2, 2020, p. 63-70.
5. Mahmadyusuf Yunusi. The Producing functional and its applications. International journal of pure mathematics, DOI: 10.46300/91019.2020.7.1 ,Volume 7, 2020, ISSN: 2313-0571, p.1-3
6. Mahmadyusuf Yunusi. Model of Numbers Tree and its applications, International Congress Mathemations/ M. Yunusi. The Book Abstracts, ICM 2010, Hyderabad, India, 2010. – P.531-532.
7. Yunusi M.K. Optimal control in some problems of management of agrocenoses and protected biological species1,2. / M.K. Yunusi. Bulletin of the Tajik National University. Series of natural sciences. Dushanbe, 2018. No. 2. -FROM.- P/ 38-47.
8. Yunusi M. Optimal control in the tasks of protecting the planned harvest, protected biological populations and their application / MK Yunusi. - Dushanbe, 2018 . – 288 p.
9. Yunushi M.K. Models of synergetic optimization of biology taking into account the temporal, age and spatial distribution // M.K. Yunusi. University Bulletin, 2019, No. 3. – P. 43-51.
10. Yunusi M.K. Mathematical models of management of agrocenoses and protected biological populations. Doctoral dissertation for the degree of Doctor of Physical and Mathematical Sciences) / / M.K. Yunusi. –Moscow: Computing Center of the USSR Academy of Sciences (1990). – 308 p.
11. Yunusi M.K. Critical values in models of conservation of rare species and plant protection / M.K. Yunusi. - Dushanbe, 1991 . – 52 p.

ДАР БОРАИ АРЗЁБИИ ДУҶОНИБАИ ҲОЛАТИ ПОПУЛЯТСИЯИ МОДЕЛИЕ, КИ БО ПАДИДАИ НООРОМИИ АҲОЛӢ АЛОҚАМАНД АСТ

Мақола масъалаҳои математики баҳогузории шумораи аҳолӣ дар аҳолии биологӣ, системаҳо, бо назардошти тақсимоти муваққатӣ, синну сол ва фазоиро баррасӣ мекунад. Маълум аст, ки масъалаи назарияи гузариш ба бесарусомонӣ тавассути пайдарҳами ибифуркатсияҳои дубора афзояндаи давра дар асоси харитаҳои модели якандоза М.Фейгенбаум таҳия шудааст, бинобар ин, худи механизми бифуркататсияро сенарияи Фейгенбаум меномиданд. Дар ин мақола мо вазъияти бесарусомонии аҳолиро ҳамчун нооромии аҳолӣ таҳқиқ кардаем, ки бо истифода аз моделҳои аҳолӣ бо назардошти тақсимоти вақт ва синну сол тавсиф шудааст. Чунин моделҳоро муаллифони гуногун омӯхтаанд. Омӯзиши амиқи ин моделҳо дар ҳолатҳои умумӣ ва истифодаи онҳо дар соҳаҳои гуногуни табиатшиносӣ дар асарҳои мо гузаронида шуд. Дар ин асарҳо, инчунин, назарияи муодилаҳои дифференсиалии дорои хосиятҳои фавқулода таҳия карда шуданд, ки моҳияти онҳо дар он аст, ки барои баъзе арзишҳои коэффитсиенти муодила, равандҳо дар ҳолати фавқулода

мегузаранд. Бояд қайд кард, ки усулҳои пешгӯии системаҳои иҷтимоию иқтисодӣ одатан пешгӯии динамикаи аҳолии инсон ва масъалаҳои марбут ба фаъолияти системаҳои иқтисодӣ ва пешгӯии ҳолати системаҳои табиии экологии аҳолии биологиро талаб мекунанд. Аён аст, ки таҷрибаҳои воқеӣ дар онҳо ғайриимкон ва хеле гарон мебошанд. Ин мушкилоти моделсозии компютерӣ ва пешгӯии давлатҳои онҳоро ба миён меорад. Маълум аст, ки истифодаи усулҳои моделсозии математикӣ имкон медиҳад, ки фаъолияти якхелаи системаҳои иҷтимоӣ, алахусус, аҳолии биологӣ бо таҷрибаҳои мустақиме, ки татбиқи онҳо душвор аст, омӯхта шавад.

Калидвожаҳо: математика, система, тақсимот, популятсияи моделӣ, ибирфуркатсия, модели якандоза, муодилаҳои дифференсиалӣ, моделсозии математикӣ, динамикаи аҳолӣ.

О ДВУХСТОРОННИХ ОЦЕНКАХ СОСТОЯНИЯ МОДЕЛЬНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ, СВЯЗАННЫЕ С ЯВЛЕНИЕМ ПОПУЛЯЦИОННОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ

В данной работе рассмотрены математические вопросы оценки популяционной численности в рамках биологических популяций, систем с учетом временно-возрастного и пространственного распределения. Известно, что проблемы теории перехода к хаосу через последовательность бифуркаций удвоения периода была развита на базе модельных одномерных отображений М. Фейгенбаумом, поэтому сам данный бифуркационный механизм получил название сценария Фейгенбаума. В данной работе мы будем исследовать хаотичное состояние популяции как популяционной турбулентности, которая описывается при помощи популяционных моделей с учетом временно-возрастной и пространственных распределений. Такие модели были изучены различными авторами. Более глубокое изучение этих моделей в самых общих случаях и их применения в различных областях естествознания были проведены в наших работах. В этих работах также разработана теория дифференциальных уравнений с экстремальными свойствами сущность, которой заключается в том, что при некоторых значениях коэффициентов уравнения процессы протекают в экстремальном режиме. Следует отметить, что методы прогнозирования социально экономических систем обычно требует прогнозирования динамики людской популяций и связанные с ним вопросы функционирования экономических систем и прогнозирования состояния естественных экологических систем биологических популяций. Очевидно, реальные эксперименты на них невозможны и весьма дороги. Связи с этим возникает проблемы компьютерное моделирование и прогнозирование их состояний. Ясно, что использование методов математического моделирование позволяет ввести идентичные функционирование социальных систем, в частности, биологических популяций, прямые эксперименты над которыми сложно осуществимы.

Ключевые слова: популяционная численность, биологическая популяция, бифуркационный механизм, модельные одномерные отражения, хаотичное состояние, популяционная турбулентность, методы математического моделирования.

ON TWO-SIDED ASSESSMENTS OF THE STATE OF MODEL POPULATIONS ASSOCIATED WITH THE PHENOMENON OF POPULATION TURBULENCE

This paper considers the mathematical issues of assessing the population size within biological populations, systems, taking into account the temporal, age and spatial distribution.It is known that the problem of the theory of transition to chaos through a sequence of period doubling bifurcations was developed on the basis of model one-dimensional mappings by M. Feigenbaum, therefore this bifurcation mechanism itself was called the Feigenbaum scenario. In this paper, we will investigate the chaotic state of the population as population turbulence, which is described using population models, taking into account the time-age and spatial distributions. Such models have been studied by various authors. A deeper study of these models in the most general cases and their application in various fields of natural science were carried out in our works. In these works, the theory of differential equations with extreme properties was also developed, the essence of which lies in the fact that for some values of the coefficients of the equation, the processes proceed in an extreme mode. It should be noted that methods for predicting socio-economic systems usually require predicting the dynamics of human populations and related issues of the functioning of economic systems and predicting the state of natural ecological systems of biological populations. Obviously, real experiments on them are impossible and very expensive. This raises the problem of computer modeling and forecasting of their states. It is clear that the use of mathematical modeling methods makes it possible to introduce identical functioning of social systems, in particular, biological populations, direct experiments on which are difficult to implement.

Keywords: population size, biological population, bifurcation mechanism, model one-dimensional reflections, chaotic state, population turbulence, methods of mathematical modeling.

Маълумот дар бораи муаллиф*: Ганиев Чалиш Тагойбекович* – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, номзади илмҳои физика-математика, дотсенти кафедраи моделсозии компютерӣ. **Суроға:** 734025, Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рудакӣ, 17. **Тел.**: **918 59 61 64**. **E-mail:** chalish@mail.ru.

Сведения об авторе: ***Ганиев Чалиш Тагойбекович*** – Таджикский национальный университет, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры компьютерного моделирования. **Адрес**: 734025, Таджикистан, Душанбе, проспект Рудаки, 17. **Тел**.: **918 59 61 64**. E-mail: chalish@mail.ru.

Information about the author: ***Ganiev Chalish Tagoybekovich*** – Tajik National University, candidate of physical and mathematical sciences, associate professor of the department of computer modeling. **Address**: 734025, Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **Ph**.: **918 59 61 64**. E-mail: chalish@mail.ru.

УДК:591.152

АСОСКУНИИ УСУЛИ ОМЕХТАИ ФАРҚӢ БАРОИ МУАЙЯНКУНИИ ШУМОРАИ ПОПУЛЯЦИИ МОДЕЛӢ БО НАЗАРДОШТИ ВАҚТ, СИННУ СОЛ ВА МАВҚЕИ ГЕОГРАФӢ ДАР АСОСИ СХЕМАҲОИ ЛОКАЛИИ ЯКЧЕНАКА ВА РАВИШҲОИ ТАҒЙИРЁБАНДА

Юнусӣ М., Азимов С., Гулов С.
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон,
Донишгоҳи давлатии Кӯлоб ба номи А. Рудакӣ,
Донишгоҳи Бохтар ба номи Н. Хусрав

Популятсияи моделиро бо назардошти вақт, синну сол ва тақсимоти фазоӣ дида мебароем [1-8]:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial N}{\partial t}+\dfrac{\partial N}{\partial a}+\sum\limits_j \vartheta_j \dfrac{\partial N}{\partial x_j}=F_0(a)N+\sum\limits_j K_j \dfrac{\partial^2 N}{\partial x_j^2},\ G=\left[0<x_j<L_j\right],\ 0<a\le a_{\max},\ 0<t\le t_k, \\ N(x,a,0)=N_0(x,a),\quad 0\le x_i\le L_j,\quad x=(x_i,x_2),\ x\in G,\quad 0\le a\le a_{\max}, \\ N(x,0,t)=\int\limits_0^{a_{\max}} B_0(\xi)N(x,\xi,t)d\xi,\quad \bar{G}=G+\Gamma,\quad 0\le t\le t_k,\ \Gamma-\text{граница}\ \ G, \\ \dfrac{\partial N}{\partial x}-a_j N\Big|_{x_j=(0,L_j)}=0, \end{cases} \tag{1}$$

дар ин ҷо $N=N(x,a,t)$-шумораи популятсияи синну солӣ a, дар нуқтаи x, дар ҳолати вақти t, $F_0=F_0(a)$ – коэффитсиентҳои фавт, $B=B(a)$ – коэффитсиентҳои таваллуд, $N_0=N_0(x,a)$ – шумораи популятсия дар ҳолатҳои вақти аввала. Табдилдиҳии [1,2,3]

$$a'=a,\ \ t'=a+\lambda,\phi(x,a,)=N(x,a,a+\lambda),$$

$$u(x,a,\tau)=\phi(x,a,\lambda)\exp\left(\int\limits_0^a F_0(\xi)d\xi+\sum_j \vartheta_j\frac{x_j}{2K_j}-\sum_j\frac{\vartheta_j^2 a}{4K_j}\right),$$

дохил намуда ба ҷои масъалаи (1) масъалаи зеринро ҳосил менамоем:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial u}{\partial a}=\sum\limits_j K_j\dfrac{\partial^2 u}{\partial x_j^2},\ 0\le x_j\le L_j,\ 0<a\le a_{\max},\ 0<t\le t_k \\ u(x,0,\tau)=\int\limits_0^{a_{\max}}\beta(\xi)u(x,\xi,t)d\xi, \\ \dfrac{\partial u}{\partial x_j}\Big|_{\substack{x_j=0\\ x_j=L_j}}=0. \end{cases} \tag{2}$$

Агар ҳалли масъалаи (2) маълум бошад, он гоҳ бо ёрии табдилдиҳии пештар овардашуда мо метавонем, ҳалли масъалаи ҷориро дар намуди зерин ҳосил намоем.

$$N(x,a,t)=u(x,a,t-a)\exp\left(-\int\limits_0^a F_0(\xi)d\xi-\sum_j\vartheta_j\frac{x_j}{2K_j}+\sum_j\frac{\vartheta_j^2 a}{4K_j}\right), \quad (*)$$

схемаи фарқии омехтаро барои масъалаи (2) месозем.

Эзоҳ. Алгоритми фарқии пешниҳод мешудагӣ фақат барои масъалаҳои хаттӣ маъно дорад, чунки тадилдиҳии (2) ро дар ҳолати ғайрихатӣ маънои худро гум мекунад. Дар ҳолати ғайрихатӣ бошад, усули омехтаи фарқиро барои масъалаи(1) месозем.

П.1.Ҷадвал ва ишораи $h=(\tau,h_1,h_2)>0$,t=a, x=x_1, r=x_2 ро дохил намуда ҳосил менамоем[9]:

$$\overline{G}^h=\left\{(x,r):\ \begin{matrix} x=ih_1, & i=\overline{0,N_1+1},\ l=(N_1+1)h_1 \\ r=jh_2, & j=\overline{j_0,N_2+1},\ r_0=j_0h_2,\ r_1=(N_2+1)h_2 \end{matrix}\right\},$$

$$G^h=\left\{(x,r):\ \begin{matrix} x=ih_1 \\ r=jh_2 \end{matrix},\ i=\overline{1,N_1},\ j=\overline{j_0+1,N_2}\right\},\quad \Gamma^h=\overline{G}^h\setminus G^h,$$

$$\overline{\theta}^\tau=\left\{t:t=n\tau,\ n=\overline{0,N},\ t_k=N\tau\right\},\ \theta^\tau=\overline{\theta}^\tau\setminus(t=0),$$

$$Q^h=G^h\cap\theta^\tau,\ \overline{Q}^h=\overline{G}^h\cap\overline{\theta}^\tau,\ \Gamma_0=\left\{x:x=ih_1,\ i=\overline{0,N_1+1}\right\},$$

$$Y=Y_{ij}^n=V(x,r,t),\ (x,r,t)\in\overline{Q}^h,\ Y_0=Y_{ij}^0=V^0(x,r),\ (x,r)\in G^h,$$

$$x_{i\pm1/2}=x_i\pm\frac{1}{2}h_1,\ r_{j\pm1/2}=r_j\pm\frac{1}{2}h_2,\ t_{n\pm1/2}=t_n\pm\frac{1}{2}\tau,\ \hat{Y}=Y_{ij}^{n+1},\ \check{Y}=Y_{ij}^{n-1},$$

$$\overline{Y}_{ij}=Y_{ij}^{n+1/2},\ Y_{\bar{t}}=\frac{\overline{Y}-Y}{0.5\tau},\ Y_{t}=\frac{\hat{Y}-\overline{Y}}{0.5\tau},\ \xi_{\bar{x}}=\frac{\xi(x)-\xi(x-\Delta)}{\Delta},\ \xi_{x}=\frac{\xi(x+\Delta)-\xi(x)}{\Delta},\ \Delta>0$$

$$a=K\left(Y_{i+1/2}^n\right),\ \overline{a}=r_{j+1/2}K\left(Y_{ij+1/2}^n\right),\ A_1Y=\left(Y_{\bar{x}}\right)_x,\ A_2Y=\left(\overline{a}Y_{\bar{r}}\right)_r$$

Таъриф. Усули омехтаи фарқӣ гуфта мо усулеро меномем, ки дар он операторҳои фарқии локалии якченака ва равишҳои тагиребандаро чунин дохил карда мешаванд:

A_1Y **=**$\{(a\,Y_{\bar{x}})_x\,(t=t'+\tau/2)$ барои схемаи локалӣ ва $(a\,Y_{\bar{x}})_x\,(t=t'+\tau/2)$ **+**$(\overline{\alpha}_1Y_{\bar{r}})_r$ $(t=t')$**,** барои схемаи равишҳои тағйирёбанда**}**,

A_2Y **=** $\{(\overline{\alpha}_1Y_{\bar{r}})_r\,(t=t'+\tau)$ барои схемаи локалӣ ва $\{(\overline{\alpha}_1Y_{\bar{r}})_r\,(t=t'+\tau)$ **+** $(a\,Y_{\bar{x}})_x$ барои схемаи равишҳои тағйирёбанда**}.**

Ё ин ки операторҳои нависташудаи фарқӣ амалҳои худро якчанд маротиба иҷро намуда баъд равишҳои худро иваз менамоянд ва боз доимӣ мемонанд**.**

Эзоҳ. *Ин усули интихоби операторҳои фарқӣ аз умри гуногуни намудҳои биологии мамнунъгоҳо ва агросенозҳо вобастаанд*.

Аппроксиматсияи фарқии масъаларо мухтасар ифода менамоем. Бигузор функсияи *Y=Y(x,r,t)* шартҳои зеринро қаноат намояд.

$$\begin{cases} Y_i=A_1Y, & t=t'+\tau/2, \\ Y_i=A_2Y, & t=t'+\tau, \end{cases}\qquad (x,\gamma,t')\in Q^h, \qquad (3)$$

$$Y(x,\gamma,0)=Y_0 \tag{4}$$

$$\begin{cases} a_0 Y_x = \dfrac{h_1}{2} b Y_{\bar{t}}, & x=0 \\ a_1 Y_{\bar{x}} = -\dfrac{h_1}{2} b Y_{\bar{t}}, & x=l \end{cases}, \quad t=t'+\tau/2, \tag{5}$$

$$\begin{cases} \bar{\alpha}_0 Y_{\gamma_0} = \dfrac{h_2}{2} b Y_{t\gamma_0}, \quad Y_{a=0}=T^h, \quad t=t'+\tau, \\ \bar{\alpha}_1 Y_{\gamma} = \dfrac{h_2}{2} b Y_t, \quad \gamma=\gamma_1 \end{cases} \tag{6}$$

$$Y(x,0,t)=T^h, \quad T^h(x,t)=\sum_{a0}^{a\max}\beta(a)Y(x,a,t)h_3, \tag{7}$$

Дар ин ҷо ,

$$a_0=K(Y)\big|_{x=0},\ a_1=K(Y)\big|_{x=l},\ \bar{a}_0=K(Y)\big|_{r_0},\ \bar{a}_1=K(Y)\big|_{r_1}$$

Фарзияи асосиро барои функсияҳои ба гузоришҳои (3) , (7) дохилшаванда меорем:

а) Ҳамаи функсияҳои K,V_0,β муайян шудаанд ва нисбати маҷмуи тағйирёбандаҳои худ бефосила аст;

б) $a^0 \le \left(a(Y),\bar{a}(Y)\right) \le a^1,\ i=0,1$

в) Функсияҳои ихтиёрии маҳдудшудаи K_V ва $\left|K_V\right| \le K_2 < \infty$ дода шуда бошанд;

г) $$\begin{cases} |a(p)-a(q)| \le a_2|p-q|, \\ |\bar{a}(p)-\bar{a}(q)| \le a_2|p-q|, \\ a_2=const>0, |p,q|<\infty. \end{cases}$$

2⁰. **Баҳои пеш аз муайяншавӣ (априорӣ) барои масъалаи канонии фарқӣ.**

Теорема. Бигузор шартҳои а)–б) иҷро шаванд, он гоҳ барои дилхоҳ ба қадри ҳол кифояи $h>0$ баҳодиҳии зерин

$$\begin{cases} \|Y\|_{C(Q^h)} \le M_1, \ \|Y\|_{W_2^1(Q^h)} \le M_2, \\ \|Y_{\bar{t}}\|_{L_2(Q^h)} \le M_3, \ \|Y_t\|_{L_2(Q^h)} \le M_4, \end{cases} \tag{8}$$

ҷой дорад, ки $M_i=const>0,\ i=\overline{1,4}$ аст. Теорема бо усули баҳодиҳии андеорӣ исбот карда мешавад.

П.2. Устуворан наздикшавии ҳалли масъалаи канонии фарқӣ ба ҳалли масъалаи канонии дифференсиалӣ

Теоремаи 1. Агар шартҳои а) ва в) иҷро шаванд, он гоҳ ҳалли масъалаҳои канонии дифференсиалии $V\in C^{4,2}\left(\overline{Q}\right)$ мавҷуд аст, ки наздикшавии хатогии муодилаҳои дифференсиалии фарқӣ дар намуди зерин дода мешавад:

$$\Psi=\begin{cases}O\left(\tau+h_1^2+h_2^2\right), & (x,r,t)\in Q^h,\\ O\left(\tau(h_1+h_2)+h_1^2+h_2^2\right), & (x,r,t)\in \overline{Q}^h\setminus Q^h.\end{cases}$$

Таърифи 1. Мо мегӯем, ки ҳалли масъалаҳои фарқии (3) – (7) системаи (1.1.1) ба ҳалли масъалаи дифференсиалии ҷорӣ устувор мувофиқ меоянд, агар

$$\left\|\overline{Y}-N_p\right\|_{C\left(Q^h\right)}\to 0 \text{ ҳангоми } \left(\tau,h_1,h_2\right)\to 0,\ \|\Delta\psi\|\to 0,$$

бошад, ки дар ин ҷо $\overline{Y}=\overline{Y}(x,r,t)$ аст, масъалаҳои фарқии «мувофиқ овардашуда»-и $\left\|\overline{Y}-N_p\right\|_{C\left(Q^h\right)}\to 0$ ҳангоми $(\tau,h_1,h_2)\to 0,\ \|\Delta\psi\|\to 0,$

бошад, ки дар ин ҷо $\overline{Y}=\overline{Y}(x,r,t)$ аст, масъалаҳои фарқии «мувофиқ овардашуда»-и

$$\begin{cases}Y_{\bar{t}}=\overline{A}_1Y, & t=t'+\tau/2,\\ Y_{\bar{t}}=A_2Y, & t=t'+\tau,\end{cases}\qquad (x,\gamma,t')\in Q^h, \qquad (\overline{1})$$

$$Y\big|_{t=0}=Y_0 \qquad (\overline{2})$$

$$\begin{cases}\overline{a}_0Y_{\bar{x}}=\dfrac{h_1Y_{\bar{t}}}{2}, & x=0,\\ \overline{a}_1Y_{\bar{x}}=\dfrac{h_1Y_{\bar{t}}}{2}, & x=l,\end{cases}\qquad t'=t+\tau/2 \qquad (\overline{3})$$

$$\begin{cases}\overline{\overline{a}}_0Y_{\bar{\gamma}}=\dfrac{h_2Y_{\bar{t}}}{2}, & \gamma=\gamma_0,\\ \overline{a}_1Y_{\bar{x}}=\dfrac{h_2Y_{\bar{t}}}{2}, & \gamma=\gamma_0\end{cases}\qquad t'=t+\tau, \qquad (\overline{4})$$

қаноат мекунонад, ки дар ин ҷо $N=N(x,r,t)$– ҳалли масъалаи дифференсиалии, $\|\Delta\phi\|\le C\left(\|\Delta Y_0\|_{L_2}^2+\|\Delta\beta\|_{L_2}^2\right),\quad \Delta Y_0=\overline{Y}_0-Y_0,\ \Delta\beta=\overline{\beta}-\beta,\ i=1,2.$

Таърифи 2. Хатогии методро бузургии $\xi=\overline{Y}-V_p$ меномем. Ҳалли V-и масъалаи дифференсиалии ҷориро дар масъалаҳои (3)–(7) мегузорем ва аз масъалаҳои $(\overline{1})-(\overline{4})$-и барои V ҳосилшуда масъалаи фарқиро тарҳ намуда, барои функсияи $\xi(x,r,t)$ масъалаи канории фарқии зеринро ҳосил менамоем:

$$\begin{cases}\xi_{\bar{t}}=A_1\xi+\mu\\ \xi_{\bar{t}}=A_2\xi+\partial,\end{cases}\qquad (x,\gamma,t')\in Q^h, \qquad (\overline{1}_1)$$

$$\xi\big|_{t=0}=\Delta Y_0 \qquad (\overline{2}_1),$$

$$\begin{cases}\overline{a}_0\xi_{\bar{x}}=\dfrac{h_1\xi_{\bar{t}}}{2}=\mu_0, & x=0,\\ \overline{a}_1\xi_{\bar{x}}=\dfrac{h_1\xi_{\bar{t}}}{2}=\mu_1, & x=l,\end{cases}\qquad t'=t+\tau/2 \qquad (\overline{3}_1)$$

$$\begin{cases} \overline{\overline{a}}_0 \xi_{\gamma} - \dfrac{h_2 \xi_t}{2} = \partial_0, & \gamma = \gamma_0, \\ \overline{\overline{a}}_1 \xi_{\bar{x}} + \dfrac{h_2 \xi_t}{2} + \partial_1, & \gamma = \gamma_1 \end{cases} \qquad t' = t + \tau, \qquad (4_1)$$

дар ин ҷо

$$\mu = -V_{\bar{t}} + \Delta_1 V + O\left(\tau + h_1^2\right), \Delta_1 = \left(\Delta, a_{\bar{x}}\right)_x,$$
$$\partial = -V_t + \Delta_2 V + O\left(\tau + h_2^2\right), \ \Delta_2 = \left(\Delta a, {}_{\bar{r}}\right)_r, \ \Delta a = \overline{a} - a,$$
$$\mu_0 = -\Delta a_0 V_x + \frac{h_1}{2} N_t + O\left(\tau + \tau h_1 + h_1^2\right), \ \Delta a_0 = \overline{a}_0 - a_0,$$
$$\mu_1 = -\Delta a_1 V_{\bar{x}} - \frac{h_1}{2} N_{\bar{t}} + O\left(\tau + \tau h_1 + h_1^2\right), \ \Delta a_1 = \overline{a}_1 - a_1,$$
$$\partial_0 = -\Delta \overline{a}_0 V_r + \frac{h_2}{2} N_t + O\left(\tau + \tau h_2 + h_1^2 + h_2^2\right),$$
$$\partial_1 = -\Delta \overline{a}_1 - \frac{h_2}{2} N_t + O\left(\tau + \tau h_2 + h_1^2 + h_2^2\right), \ \Delta \overline{a}_i = \overline{a}_i - a_i, \ i = 0,1.$$

Теоремаи 2. Бигузор шартҳои а) – г) аз n. 1.1 иҷро шаванд, он гоҳ ҳалли масъалаҳои фарқии (3) – (7)-и п. 1 устувор мувофиқ меоянд, яъне $\|\xi\|_{C(Q^h)} \to 0$ ҳангоми $((\tau, h_1, h_2), \|\Delta\psi\|, \|\Delta\beta\|) \to 0$ мешавад.

Теорема 3. Бигузор шартҳои а) – г) иҷро шаванд, онгоҳ барои ба қадри кифоя басандаи $h = (h_1, h_2, \tau)$ ва $\dfrac{\tau}{h_i} \to 0, \dfrac{\tau}{h_1 h_2} \to 0$ ҳангоми $(h_1, h_2) \to 0, \tau \to 0$ будан, масъалаи ғайрихатии канонии фарқӣ ҳалли ягонаро дорад.
Исботи теорема бо усули муққарарӣ иҷро карда мешавад .

П. 3. Алгоритми ҳалли ададии масъалаи канонии фарқӣ барои усули омехта

Дар қисматҳои болоии кори иҷрошуда нишон дода шудааст, ки басифати ҳалли масъалаи ҷорӣ мумкин аст, ҳалли масъалаи фарқии наздикшавандаро, ки дар асоси схемаи равишҳои тагиребанда сохтем истифода барем. Дар ин ҷо методҳои ҳалли фарқӣ, инчунин натиҷаҳои татқиқотҳои миқдориро меорем.

Масъалаҳои (3) – (5) барои схемаи равишҳои тағйирёбанда дар намуди зерин менависем:

$$\begin{cases} \overline{a}_{ij} \overline{Y}_{i+1j} - \overline{C}_{ij} \overline{Y}_{ij} + \overline{b}_{ij} \overline{Y}_{i-1j} = -\overline{f}_{ij}, & t' = t + \tau/2 \\ a_{ij} Y_{ij+1} - C_{ij} Y_{ij} + b_{ij} Y_{ij+1} = -f_{ij}, & t' = t + \tau \end{cases} \qquad (5),$$

дар ин ҷо

$$\overline{a}_{ij} = \frac{\tau}{2h_1^2} K\left(\overline{Y}_{i+1/2j}\right), \ \overline{b}_{ij} = \frac{\tau}{2h_1^2} K\left(\overline{Y}_{i-1j}\right), \ \overline{C}_{ij} = \overline{a}_{ij} + \overline{b}_{ij} + 1,$$
$$\overline{f}_{ij} = Y_{ij}, \ a_{ij} = \frac{\tau}{2h_2^2} \frac{r_{j+1/2}}{r_j} K\left(\overline{Y}_{ij+1/2}\right), \ f_{ij} = \overline{Y}_{ij},$$
$$b_{ij} = \frac{\tau}{2h_2^2} \frac{r_{j-1/2}}{r_j} K\left(\overline{Y}_{ij-1/2}\right), \ C_{ij} = a_{ij} + b_{ij} + 1,$$

барои ҳамаи

$$i=\overline{1,N_1},\ j=\overline{j_0+1,N_2},\ \bar{a}_{0j}=1,\ \bar{b}_{0j}=1,\ \bar{a}_{N_1+1j}=0,\ \bar{b}_{N_1+1j}=1,$$

$$\bar{C}_{0j}=1+\frac{h_1^2}{2\tau K\left(\bar{Y}_{0j}\right)},\ \bar{C}_{N_1+1j}=1+h_1^2\Big/2\tau K\left(\bar{Y}_{N_1+1j}\right),$$

$$\bar{f}_{0j}=\frac{h_1^2}{2\tau K\left(\bar{Y}_{0j}\right)}\bar{Y}_{0j},\ \bar{f}_{N_1+1j}=\frac{h_1^2}{2\tau K\left(\bar{Y}_{N_1+1j}\right)}\bar{Y}_{N_1+1j},$$

барои ҳамаи $j=\overline{j_0,N_2+1},\ a_{ij_0}\equiv 1,\ b_{ij_0}\equiv 1,\ C_{ij_0}=1+\frac{h^2}{2\tau K\left(\bar{Y}_{ij_0}\right)}+\frac{\alpha^{h_1}h_2}{K\left(\bar{Y}_{ij_0}\right)},$

$$a_{iN_2+1}\equiv 0,\ C_{iN_2+1}=1+\frac{h_2^2}{2\tau K\left(\bar{Y}_{iN_2+1}\right)},\ b_{iN_2+1}=1,$$

$$f_{iN_2+1}=\frac{h_2^2}{2\tau K\left(\bar{Y}_{iN_2+1}\right)}\bar{Y}_{iN_2+1},\ f_{ij_0}=\frac{h_2^2}{2\tau K\left(\bar{Y}_{ij_0}\right)}\bar{Y}_{ij_0}+\frac{\alpha_i^{h_1}h_2}{K\left(\bar{Y}_{ij_0}\right)}\bar{T}_i^{h_1},$$

ва барои ҳамаи $i=\overline{0,N_1+1}$ мебошад.

*Ҳалли масъалаи (1)-ро бо ёрии методи зина ба зина(**усули прогонка**) дар намуди зерин меҷӯем,*

$$\begin{cases}\bar{Y}_{ij}=\bar{\mu}_{i+1j}\bar{Y}_{i+1j}+\bar{\partial}_{i+1j}, & t'=t+\tau/2,\\ Y_{ij}=\mu_{ij+1}Y_{ij+1}+\partial_{ij+1}, & t'=t+\tau,\\ \bar{Y}_{ij}\big|_{t=0}=Y_{0ij},\end{cases}\qquad (6)$$

ки дар ин ҷо

$$\begin{cases}\bar{\mu}_{i+1j}=\dfrac{\bar{b}_{ij}}{\bar{C}_{ij}-\bar{\mu}_{ij}\bar{a}_{ij}}, & \bar{\partial}_{i+1j}=\dfrac{\bar{b}_{ij}\bar{\partial}_{ij}+\bar{f}_{ij}}{\bar{C}_{ij}-\bar{\mu}_{ij}\bar{a}_{ij}},\\ \mu_{ij+1}=\dfrac{b_{ij}}{C_{ij}-\mu_{ij}a_{ij}}, & \partial_{ij+1}=\dfrac{b_{ij}\partial_{ij}+f_{ij}}{C_{ij}-\mu_{ij}a_{ij}},\end{cases}$$

барои ҳамаи $i=\overline{0,N_1+1},\ j=\overline{j_0,N_2+1}$ мебошад.

Леммаи 1. Раванди ҳисобкунӣ аз рӯйи формулаи (5,6) устувор аст.

Барои усули омехтаи фарқии сохташуда барномаи компютерӣ дар забони С++ сохта шуда таҷрибагузарониҳои компютерӣ барои ҳолатҳои гуногуни системаҳои экологии «Дашти Чум» ва «Бешаи Палангон» иҷро карда шудааст.

АДАБИЁТ

1. Юнусов М.К. Математическая модель интегрированного метода борьбы с вредителями / М.К Юнусов. Докл АН ТаджССР. - 1979. - Т.22, № II. - С.652-656.
2. Юнуси М.К. Критические значения в моделях охраны редких видов и защиты растений/ М.К Юнусов.- Душанбе, 1991. – 53 с.
3. Юнуси М.К. Математические модели борьбы с вредителями агроценозов / М.К Юнусов. -Душанбе, 1991. - 141с.
4. Юнуси М.К. О решении одного класса нелокальных задач/ М.К Юнусов. - М.: ВЦ АН СССР,1991. - 27 с.

5. Юнуси М.К. Оптимальное управление в задачах защиты планируемого урожая, охраняемыми биологическими популяциями и их приложения/ М.К Юнусов. - Душанбе, 2018. - 287 с.
6. Yunusi M.K. Some Lectures in Information technology/ M.K Юнусов. – 2019. -330 с.
7. Самарский А.А. Введение в теорию разностных схем/ А.А. Самарскийю - М.: «Наука», 1975. – 350 с.
8. Юнуси М.К. Оптимальное управление в некоторых процессах тепломассопереноса/ М.К Юнусов. – Душанбе, 1978. – 142 с.
9. Webb G.F. Theory of nonlinear age-dependent population dynamics/ G.F. Webb. Marcel Dekker, Inc., N.Y. 1985. – 312 p.
10. Swick K.E. Periodic solution of a nonlinear age-dependent model of single species population dynamics/ K.E. Swick. SIAM J.Math.Anal. II (1930). - P.901-910.

REFERENCES LITERATURE

1. Yunusov M.K. Mathematical model of an integrated method of pest control / M.K. Yunusov. Dokl AN TajSSR. - 1979. - T.22, No. II. -P .652-656.
2. Yunusi M.K. Critical values in models of protection of rare species and plant protection / Yunusi M.K. - Dushanbe, 1991. – 53 p.
3. Yunushi M.K. Mathematical models of pest control of agrocenoses Yunusi M.K. - Dushanbe, 1991. -141 p.
4. Yunusi M.K. On the solution of one class of non-local problems/ Yunusi M.K. M.: Computing Center of the USSR Academy of Sciences, 1991, - 27 p.
5. Yunusi M.K. Optimal control in the tasks of protecting the planned harvest, protected biological populations and their applications/ Yunusi M.K. - Dushanbe, 2018. -287p.
6. Yunusi M.K. Some Lectures in Information technology/ Yunusi M.K. – TNU - 2019. – 330 p.
7. Samarskiy A.A. Introduction to the theory of difference schemes. - M., "Science", 1975, - 350 p.
8. Yunusi M.K. Optimal control in some heat and mass transfer processes/ Yunusi M.K. - Dushanbe, Donish, 1978. - 142 p.
9. Webb G.F. Theory of nonlinear age-dependent population dynamics/ G.F. Webb. Marcel Dekker, Inc., N.Y. 1985. – 312 p.
10. Swick K.E. Periodic solution of a nonlinear age-dependent model of single species population dynamics/ K.E. Swick. SIAM J. Math. Anal. II (1930). - P.901-910.

АСОСКУНИИ УСУЛИ ОМЕХТАИ ФАРҚӢ БАРОИ МУАЙЯНКУНИИ ШУМОРАИ ПОПУЛЯТСИИ МОДЕЛӢ БО НАЗАРДОШТИ ВАҚТ, СИННУ СОЛ ВА МАҚЕИ ГЕОГРАФӢ ДАР АСОСИ СХЕМАҲОИ ФАРҚИИ ЛОКАЛИИ ЯКЧЕНАКА ВА РАВИШҲОИ ТАҒЙИРЁБАНДА

Дар мақола барои масъалаи муайянкунии шумораи популяцияихои мамнунгоҳоро бо назардошти вақт, синну сол ва мавқеъи фазогӣ , ки дар корҳои проф. Юнусӣ дохил ва асоснок карда шудааст усули омехтаи фарқӣ барои муайянкунии шумораи популяции моделӣ бо назардошти вақт, синну сол ва мақеи географӣ дар асоси схемаҳои фарқии локалии якченака ва равишҳои тагиребанда дохил карда мешавад ва ба таври математикӣ ҳаматарафа асоснок карда шудааст. Пеш аз ҳама барои схемаҳои сохташуда бузургии хатогӣ ва метод, наздикшавии ҳалли масъалаи фарқӣ ба ҳалли масъалаи аввалаи интегро-дифференциалӣ нишон дода мешавад. Баъд устувории хали масъалаи фарқӣ дар намуди системаи муодилаҳои алгебравӣ се диогналӣ (усули прогонка) бо коэффициентҳои прогонкаи хурд аз як оварда шуда нишон доа мешавад ки раванди итерация наздик шаванда мебошанд. Усули пешниҳод шуда дар забони С++ ифода гардида тачрибагузарониҳои компютери ичро карда шудаанд.

Калидвожаҳо: Схемаи фарқӣ, методи омехта, устуворӣ, надикшавӣ, хатогии схема, хатогии метод, коэффицентҳои прогонка, модел, популятсияи биологӣ.

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА СМЕШАННЫХ РАЗНОСТНЫХ СХЕМ ОЦЕНКИ ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ С УЧЕТОМ ВРЕМЕНЫХ, ВОЗРАСТНЫХ И ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ПОЛОЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ СХЕМ ПЕРЕМЕННЫХ НАПРАВЛЕНИЙ И ЛОКАЛЬНО-ОДНОМЕМЕРНОГО СПОСОБА

Статья посвящена определению количества популяций диких животных с учетом времени, возраста и пространственного положения, о которых сообщалось в работах проф. Юнуси Предложен и обосновал смешанный метод для оценки численности моделей биологических популяций с учетом времени, возраста и географического местоположения, основанный на множественных локальных одномерных схемах и переменных направлений а также они математически обоснованы. Прежде всего, для построенных схем определяются величины ошибки аппроксимации и разностного метода и показано приближение решение разностной задачи к решению интегральной дифференциальной исходной задаче. Кроме того, показанно что расчет по полученной разностной задачи в виде системы алгебраических уравнений представленное трех диагональной матрицы (прогонка - метод) с условиями на коэффициентов устойчиво, и итерационный процесс для соответсвующих нелинейных задач сходиться. Предложенный метод выражено в виде С ++ прорамма и реализовано на компьютере и с ней проведенны моделные эксперименты.

Ключевые слова: Разностная схема, смешанный метод, устойчивость, погрешность аппроксимации, погрешность метода, прогон очные коэффициенты, модель, биологическая популяция.

JUSTIFICATION OF THE METHOD OF MIXED DIFFERENCE SCHEMES FOR ESTIMATING THE POPULATION SIZE TAKING INTO ACCOUNT TIME, AGE AND GEOGRAPHICAL LOCATIONS BASED ON THE SCHEMES OF VARIABLE DIRECTIONS AND THE LOCAL-ONE-DIMENSIONAL METHOD

The article is devoted to the determination of the number of wild animal populations, taking into account the time, age and spatial position, which were reported in the works of Prof. Yunusi proposed and justified a mixed method for estimating the number of biological population models taking into account time, age and geographical location, based on multiple local one-dimensional schemes and variable directions, and they are also mathematically justified. First of all, for the constructed schemes, the values of the approximation error and the difference method are

determined, and the solution of the difference problem is shown to approximate the solution of the integral differential initial problem. In addition, it is shown that the calculation of the resulting difference problem in the form of a system of algebraic equations represented by a three - diagonal matrix (run-through method) with conditions on the coefficients is stable, and the iterative process for the corresponding nonlinear problems converge. The proposed method is expressed in the form of a C ++ program and is implemented on a computer and model experiments are carried out with it.

Keywords: difference scheme, mixed method, stability, approximation error, method error, run-in coefficients, model, biological population.

Маълумот дар бораи муаллифон: ***Юнусӣ Маҳмадюсуф Қамарзода*** – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, профессори кафедраи информатика. **Суроға**: 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. **E-mail**: : myunusi@mail.ru. **Тел.**: +992 937-36-85-85.
Азимов С. – Донишгоҳи давлатии Кӯлоб ба номи А. Рудакӣ, муаллими калони кафедраи технологияи компютерӣ. Суроға: 734065, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш.Кӯлоб, кӯчаи С.Сафаров, 16.
Гулов С. – Донишгоҳи Бохтар ба номи Н. Хусрав, муаллими калони кафедраи информатика. Суроға: 735140, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш.Бохтар, кӯчаи Айнӣ, 67.

Сведения об авторах: ***Юнуси Махмадюсуф Камарзода*** – доктор физика-математической наук, профессор кафедры математического и компьютерного моделирования Таджикского национального университета. Адрес: 734055, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Рудаки, 17. E-mail: : myunusi@mail.ru. Тел.: +992 937-36-85-85.
Азимов С. – Кулябский государственный университет имени А. Рудаки, старший преподаватель кафедры компьютерных технологий. Адрес: 734065, Республика Таджикистан, г. Куляб, улица С.Сафарова 16.
Гулов С. – Бохтарский национальный университет имени Н. Хусрава, старший преподаватель кафедры информатики. Адрес: 735140, Республика Таджикистан, город Бохтар, улица Айни 67.

Information about the authors: ***Yunusi Mahmadyusuf Qamarzoda*** – Doctor of Physics and Mathematics, Professor of the Department of Mathematical and Computer Modeling of the Tajik National University. Address: 734055, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudakiave, 17. E-mail: : myunusi@mail.ru. Тел.: +992 937-36-85-85.
Azimov S. – Kulyab State University named after A. Rudaki , Senior Lecturer of the Department of Computer Technologies. Address: 734065, Republic of Tajikistan, Kulyab, S. Safarov street 16.
Gulov S. – Bokhtar National University named after N. Khusrav, senior lecturer, Department of Informatics. Address: 735140, Republic of Tajikistan, Bokhtar city, 67 Aini street.

ФИЗИКА

УДК 621.315.592

СИНТЕЗ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК ТЕЛЛУРИДА КАДМИЯ НА МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОДЛОЖКАХ

Султонов Н., Хамрокулов Р.Б., Акобирова А.Т., Рахматов Б.А.
Таджикский национальный университет

Поликристаллические пленки соединений A_2B_6, главным образом, теллурида кадмия, все шире используются в основных областях электронной техники, микроэлектронике, оптоэлектронике, солнечной энергетике.

Многообещающее развитие солнечной полупроводниковой энергетики требует создания дешевого материала для фотопреобразователей с большой площадью. Одним из наиболее перспективных материалов, отвечающих этим требованиям, является поликристаллический CdTe. Оптимальная ширина запрещенной зоны и высокий коэффициент поглощения в видимой области спектра делают поликристаллический CdTe наиболее перспективным материалом для солнечных преобразователей.

Теллурид кадмия вследствие больших атомных номеров компонентов, а также большой ширины запрещенной зоны (ΔE=1,5 эВ) в настоящее время представляет собой один из наиболее перспективных материалов для создания дозиметров и счетчиков γ - квантов.

Поликристаллические пленки соединений A_2B_6 используются в оптоэлектронике для целей электролюминесценции, в частности, для создания цветных экранов большой площади. Однако получение поликристаллических пленок со стабильно-повторяющимися свойствами резко осложняется их структурными особенностями, важнейшим из которых является наличие межзеренных границ (МЗГ).

Возможность создания приборов и устройств на основе поликристаллических пленок CdTe определяется уровнем технологии синтеза пленок с воспроизводимыми и контролируемыми свойствами.

Исходя из этого, повышение воспроизводимости в технологии пленочных поликристаллических структур является важнейшей задачей микроэлектроники и оптоэлектроники. Ее решение определяется возможностью прогнозирования влияния технологических факторов на структуру и электрические свойства пленок, для чего необходимо моделирование технологических процессов и межоперационный контроль.

Возрастающая потребность в поликристаллических пленок вызвана и тем, что в монокристаллах, ввиду особенностей механизмов роста, невозможно получить тот спектр структур, который присущ поликристаллическому беспорядку.

В связи с этим синтез поликристаллических пленок на основе CdTe с возможностью регулирования, активации или торможения электронных процессов на границе кристаллитов технологическими приемами и исследование их структуры и электрооптических свойств являются важным и актуальным не только в научном, но и в практическом плане.

В настоящее время ведётся интенсивный поиск изготовления надёжных и дешевых детекторов ядерного излучения. Практика показала, что солнечные элементы на монокристаллическом теллуриде кадмия очень надёжны и высокоэффективны, но высокая стоимость изготовления является главным препятствием к их широкому распространению. Наиболее дешевым вариантом в

этом плане являются солнечные элементы на основе аморфных и поликристаллических пленок.

В связи с этим определённый интерес представляет получение пленок теллурида кадмия на различных низкоомных подложках при различных технологических режимах. С этой целью была разработана методика получения толстых (~50-300 мкм) и высокоомных поликристаллических пленок теллурида кадмия на низкоомных монокристаллических подложках.

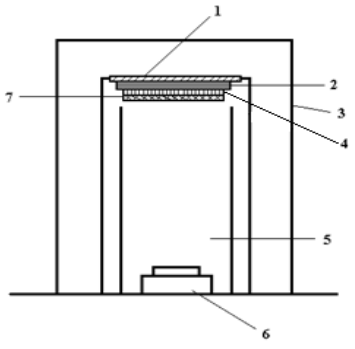
Для получения тонких пленок до 2 мкм и толстых от 50 мкм до 500 мкм использовали квазизамкнутую рабочую камеру. Она представляет собой небольшой объем, ограниченный кварцевой трубой с внутренним диаметром 83 мм и длиной 120 мм (70-120 мм). На трубу ставится подложка на соответствующем трафарете. Важным моментом технологии напыления является выбор температурного режима подложки. Многочисленные эксперименты позволили подобрать оптимальную температуру нагрева: она составила 220°C ± 10°C. При других температурах либо наблюдались отслоения пленки от подложки, либо качество ее ухудшалось. Индикация температуры проводилась с помощью хромель-алюмелевой термопары и логометра. Термопара помещалась между термостабилизирующей пластиной (рис. 1) и трафаретом подложки, то есть измерение температуры проводилось непосредственно там, где находится образец. Погрешность при этом составляет 10%. Термостабилизирующая пластина требуется для стабилизации температуры на подложке, т.к. существует градиент нагрева от печи.

Для испарения кристаллического CdTe используется проволочный вольфрамовый, или, так называемый, алундовый испаритель. Он удобен в работе, но обладает одним существенным недостатком: требует токов порядка 100А, то есть очень энергоемок. Мы сублимировали вещество с помощью ленточного танталового испарителя с рабочим объемом 10x12x15$мм^3$. Он потребляет ток в 2,5-5 А, что вполне приемлемо для получения пленки требуемой толщины. В зависимости от расположения подложки относительно испарителя с веществом была получена разная толщина пленок. Максимальная толщина образуется на подложке, находящейся непосредственно над испарителем. По мере удаления от центра пленка становится тоньше: в среднем на 10-15 мкм. Нагрев подложки и испарителя проводился при высоком вакууме ~10^{-5}мм.рт.ст.

В качестве исходного материала для получения толстых пленок использовался монокристаллический CdTe, легированный хлором, удельное сопротивление которого составляло ~10^{9} - 5·10^{9} Ом·см.

Процесс напыления производится следующим образом:

Обеспечивается вакуумная чистота всех подколпачных поверхностей, испаритель загружается кристаллическим CdTe. Устанавливается система напыления. В качестве подложки используются пластины низкоомного монокристаллического теллурида кадмия (n = 10^{16} см$^{-3}$) и арсенида галлия (n = 10^{16}÷ 10^{17} см$^{-3}$). Далее, производится откачка воздуха. При достижении давления под колпаком ~10^{-5} мм рт. ст. подаётся потенциал на печь, нагревая подложку до 493 К. Через 15-20 минут начинается процесс испарения, при этом подаётся потенциал на испаритель с веществом. Процесс продолжается около получаса. За это время все вещество, заложенное в испаритель, распыляется во все стороны радиально. На открытой части подложки образуется поликристаллическая высокоомная пленка.



Конструкция системы напыления показана на рис. 1.

1. Печь,
2. Термостабилизирующая пластика,
3. Колпак,
4. Термопара,
5. Кварцевая труба,
6. Испаритель с веществом,
7. Трафарет с подложкой.

Рис. 1. Рабочая камера испарительной установки для получения пленок теллурида кадмия.

Fig. 1. Working chamber of the evaporation plant for the production of cadmium telluride films

Процесс охлаждения производится при высоком вакууме в течении трех часов. Охлаждение происходит путём излучения тепла, теплопередача практически отсутствует. При попытке резко остудить, то есть вынуть образец на воздух, происходит частичное или полное отслаивание пленки от подложки.

Для описания технологии напыления использовали среднестатическиерезультаты полученных образцов на установке ВУП-5М.

Измерение сопротивлений пленок проводилось на электрометрическом комплексе Э-7.

В табл. 1. приведены выборочные данные по влиянию технологических условий напыления на удельное сопротивление пленок.

Таким образом, разработан технологический режим получения толстых поликристаллических пленок теллурида кадмия. На основе проведенных исследований можно заключить:

1. Для получения высокоомной плёнки теллурида кадмия толщиной 50-300 мкм необходим следующий режим:обеспечение квазизамкнутости;температура подложки 493 К;ток испарителя 2,5÷5 А;расстояние испаритель-подложка 8÷12 см;вакуум не ниже 10^{-5} мм рт. ст.;время напыления 12-24 мин.

2. Удельное сопротивление полученных плёнок теллурида кадмия составляя ~10^{9}÷10^{10} Ом·см, соответствует требованиям, предъявляемым для создания сравнительно дешевых детекторов ядерного излучения (табл. 1).

Таблица 1.

Влияние технологических условий напыления на сопротивление пленок

№ п/п	Образец	Условия напыления	Толщина пленки d (мк)	Уд. сопр. ρ (Ом·см)
1	CdTe-CdTe	Напыление в квазизамкнутом объеме. Температура подложки 493 К. Время напыления 15 мин., напыление импульсное. $I_{исп} \approx 5{,}0\ A$ по 2 мин. Расстояние испаритель-подложка 12 см.	81	$4{,}2 \cdot 10^{10}$
2	CdTe-GaAs	Напыление в квазизамкнутом объеме. Температура подложки 493 К. Время напыления 15 мин., напыление импульсное. $I_{исп} \approx 5{,}0\ A$ по 2 мин. Расстояние испаритель-подложка 12 см.	84	$3{,}5 \cdot 10^{10}$
3	CdTe-GaAs	Напыление в квазизамкнутом объеме. Температура подложки ~493 К. Время напыления 14 мин., напыление импульсное. $I_{исп} \approx 5{,}0\ A$ по 2 мин. Расстояние испаритель-подложка 12 см.	63	$3{,}2 \cdot 10^{10}$
4	CdTe-CdTe	Напыление в квазизамкнутом объеме. Температура подложки 443 К. Расстояние испаритель-подложка ~12 см. Наблюдается частичное отслоение.	36	$7 \cdot 10^{9}$
5	CdTe-GaAs	Напыление в квазизамкнутом объеме. Температура подложки 443 К. Расстояние испаритель-подложка ~12 см. Наблюдается частичное отслоение.	33	$6{,}5 \cdot 10^{9}$
6	CdTe-Si	Напыление в квазизамкнутом объеме. Температуры подложки 493 К. Ток испарителя 5 А. Расстояние испаритель-подложка 12 см. Время напыления 12 мин.	35	$3{,}2 \cdot 10^{9}$
7	CdTe-Si	Напыление в квазизамкнутом объеме. Температуры подложки 493 К. Ток испарителя 5 А. Расстояние испаритель-подложка 12см. Время напыления 14 мин.	60	$5{,}2 \cdot 10^{9}$
8	CdTe-CdTe	Напыление в квазизамкнутом объеме. Температуры подложки $T_п$=493 К. Напыление разовое. Ток испарителя $I_{исп}$= 5 А. Расстояние испаритель-подложка 8 см. Время напыления 16 мин.	110	$5{,}6 \cdot 10^{9}$
9	CdTe-CdTe	Напыление в квазизамкнутом объеме. Температуры подложки $T_п$=493 К. Напыление разовое. Ток испарителя $I_{исп}$= 5 А. Расстояние испаритель-подложка 8 см. Время напыления 24 мин.	200	$2 \cdot 10^{10}$
10	CdTe-GaAs	Напыление в квазизамкнутом объеме. Температуры подложки $T_п$=493 К. Напыление разовое. Ток испарителя $I_{исп}$= 5 А. Расстояние испаритель-подложка 8 см. Время напыления 24 мин.	200	$9 \cdot 10^{9}$

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. -2006, №2. - 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. – 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 фотоэлектрических 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. – С. 60-65.
8. Султонов Н. 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 [Текст] / Z. Sheng [и др.] // 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., Дворецкий С.А., Зубков В.П.. 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 и др. 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. Структура и свойства пленок CdTe, полученных синтезом из металлооргонических 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.Акобирова, 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., Рубец В.П., Нуждин М.Ю. 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 NS 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. -2006, No. 2. - S. 55-58.
2. Sultonov NS 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. - 2006, No. 5. - S. 96-102.
3. Sultonov NS The 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. - pp. 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. - S. 69-75.
6. Sultonov N. Influence of intercrystalline barriers on the conductivity of polycrystalline CdTe / H films. Sultonov, A.T. Akobirova, K.D. Azizov, R.B. Khamrokulov. Materials of the international conference "Aging and Stabilization", Dushanbe, December 20-21, 2002. - pp. 87-89.
7. Sultonov N. Obtaining polycrystalline films of CdTe and research of their electrical characteristics / N. Sultonov, A.T. 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 .-- S. 60-65.
8. Sultonov N. 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 [Text] / 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. Bozhevolnov, V.F. Radantsev. Physics and technology of semiconductors. - 2010. - T. 44. Issue. 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. Dvoretsky, V.P. Zubkov. Surface. Physics. Chemistry. Mechanics - 1991. No. 9. - P. 45-52., Surface. Physics. Chemistry. Mechanics - 1990. No. 12. - P. 92-96.
14. Belyaev A.P. Electrophysical characteristics of CdTe epitaxial films / A.P. Belyaev and others. Proceedings of the universities of physics, 1990, 33, No. 3. - P. 71-74.
15. Litvinenko Y.Y. Influence of growth kinetics on the structural and electrophysical properties of CdTe films/ Yu.Yu. Litvinenko, G.N. Panin, V.V. Serdyuk. Surface Physics. Chemistry. Mechanics - 1992, No. 5. - S. 107.
16. Abdulin V.V. Structure and properties of CdTe films obtained by synthesis from metalloorganic compounds on GaAs/ V.V. Abdulin, Yu.V. Arafenin, A.N. Pugachevsky, I.V. Sobinin. Technical Physics Journal, 1988, 58. - P.1991.
17. Khamrokulov R.B. 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. - S. 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.Y. Nuzhdin. FTP, 2003.T. 37, no. 6. - S. 671-673.
19. Belyaev A.P. Heteroepitaction of A2B6 semiconductor compounds on a cooled substrate / A.P. Belyaev, V.P. Scar. FTP. 2001, T. 35. no. 3. - S. 294-297.
20. Polycrystalline semiconductors, physical properties and applications / Ed. G. Harbeke. M .: Mir, 1989.-344 p.

СИНТЕЗИ ПАРДАҲОИ ПОЛИКРИСТАЛЛИИ ТЕЛЛУРИДИ КАДМИЙ ДАР ТАҲЛАВҲАҲОИ МОНОКРИССТАЛЛӢ

Дар мақола натиҷаҳои синтез ва омӯзиши хосиятҳои сохторӣ ва морфологии пардаҳои теллуридикадмии дар таҳлавҳаҳои кремнийи бо усули вакууми дар ҳаҷми квази маҳдуд синтезкардашуда ва муйаян намудани алоқамандии онҳо бо хосиятҳои электрикӣ оварда шудаанд. Пардаҳои ғафсиашон аз 50 то 300 мкм ва муқовимати хосашон $2 \cdot 10^8$ - $5.2 \cdot 10^9$ Ом·см ҳосил карда шуданд. Технологияи ҳосил кардани пардаҳои теллуриди кадмӣ бо ғафсии 50-300 мкм дар таҳлавҳаҳои теллуриди кадмий, арсениди галлий ва кремний таҳия шудааст. Омӯзиши сохтори пардаҳои теллуриди кадмий бо усули таҳлили рентгенӣ нишон дод, ки микросохторҳои пардаҳо аз ҳарорати таҳлавҳа вобаста буда, ташаккули модификатсияҳои аморфӣ, гексагоналӣ ва кубӣ имконпазир аст. Муайян карда шуд, ки пардаҳои ҳосилшуда поликристаллӣ мебошанд. Дар асоси натиҷаҳои бадастомада параметрҳои сохтории пардаҳои теллуриди кадмий ва андозаҳои кристаллитҳо ҳисоб карда шуданд. Тавсифҳои волтамперии сохторҳо дар асоси пардаҳои поликристаллии теллуриди кадмий дар таҳлавҳаҳои CdTe, GaAs ва Si омӯхта шуданд. Баъзе фарқиятҳо дар қобилияти гузарониши пардаҳо бо фарқияти сохтори пардаҳое, ки дар зерлавҳаҳои гуногун ба даст оварда шудаанд, алоқамандand. Механизми электрогузаронандагии пардаҳо омӯхта шуд. Электрогузаронандагии пардаҳои теллурди кадмий дар асоси модели монеаҳои эҳтимолии электростатикӣ тавсиф карда мешавад.

Калимаҳои калидӣ: поликристалл, теллурми кадмий, вакуум, пошидан, ҳаҷми квазимаҳдуд, таҳлавҳа, парда, технология, ҳарорат, ҳолати технологӣ.

СИНТЕЗ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК ТЕЛЛУРИДА КАДМИЯ НА МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОДЛОЖКАХ

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. 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. Токоперенос 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.

SYNTHESIS OF POLYCRYSTALLINE FILMS OF CADMIUM TELLURIDE AND STUDY OF 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 $2 \cdot 10^8$ - $5.2 \cdot 10^9$ Om·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 $2 \cdot 10^8$ - $5.2 \cdot 10^9$ Om·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, д.ф.-м., профессори кафедраи физикаи электронӣ. **Адрес:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиё. Рудакӣ, 17. **Тел**.: **988003588**
Хамрокулов Раджабмурод Бадриддинович – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, н.ф.-м.., профессори кафедраи физикаи электронӣ. **Адрес:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиё. Рудакӣ, 17. **Тел**.: **(+992) 904160775.**
Акобирова Азиза Тошпулатовна – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, н.ф.-м., дотсенти кафедраи физикаи электронӣ. **Адрес:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиё. Рудакӣ, 17. **Тел**.: (+992) **907917626.** E-mail: Aziza.akobirova@mail.ru
Раҳматов Бадурдин Амируллоевич – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, ассистенти кафедраи физикаи электронӣ. **Адрес:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиё. Рудакӣ, 17.

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. Телефон: **988003588**
Хамрокулов Раджабмурод Бадриддинович – Таджикский национальный университет, к.ф.-м.н., доцент кафедры физической электроники. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. Телефон**: (+992) 904160775.**
Акобирова Азиза Тошпулатовна – Таджикский национальный университет, к.ф.-м.н., доцент кафедры физической электроники Таджикского национального университета. **Адрес:**734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. Телефон: (+992) **907917626.** E-mail: **Aziza.akobirova@mail.ru**
Рахматов Бадурдин Амируллоевич – Таджикский национальный университет, ассистент кафедры электронной физики. Адрес: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе Понедельник, привет. Рудаки, 17.

Information about the authors*: Sultonov Nizom* – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Department of Physical Electronics, Tajik National University. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **Phone**: 988003588
Hamrokulov Rajabmurod Badriddinovich – Associate Professor of the Department of Physical Electronics of Tajik National University. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. Phone: **(+992) 904160775**
Akobirova Aziza Toshpulatovna – Associate Professor of the Department of Physical Electronics of Tajik National University. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17.**Phone:** (+992) 907917626**. E-mail**: Aziza.akobirova@mail.ru
Rakhmatov Badurdin Amirulloevich – Tajik National University, assistant of the Department of Electronic Physics. Address: 734025, Republic of Tajikistan, Rudaki, 17.

УДК:53+54(575.3)

ВЛИЯНИЕ ГРАФЕНОКСИДОВ И МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАНОАЛМАЗОВ НА СТРУКТУРУ, ТЕПЛОВЫЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТА

Туйчиев Ш.*, *Рашидов Д., Табаров С., Содиков Ф., Дустов А.
НИИ Таджикского национального университета

Использование графеноксидов и модифицированных наноалмазов [1,с.110] в качестве наполнителей в полимерные материалы, не исключено, что может стать одним из основных способов создания полимерных нанокомпозитов с высокими эксплуатационными характеристиками. Однако подробных сведений о влиянии подобных наночастиц на структуру, механические и тепловые свойства полимеров в литературе практически нет. Между тем такие исследования имеют не только теоретический, но и, несомненно, практический интерес.

Цель работы заключалась в исследовании влияния графеноксидов и модифицированных кремниев органическими и фторорганическими фрагментами наноалмазов на структуру, механические и тепловые свойства полиметилметакрилата (ПММА).

В качестве полимерной основы был выбран ПММА с молекулярной массой $M=8\cdot10^4$ [2,с.130].Наполнителями служили графеноксиды (ГО), полученные из природного лигнина (ГО-1), глюкозы (ГО-2), крахмала (ГО-3) в процессе самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) [3,с.180; 4, с.125] и детонационныенаноалмазы (ДНА), модифицированные триметилсилиловым$Si(CH_3)_3$ и перфторолефиновыми $CH_2+C_4F_9$ фрагментами [5, с.375].

Плёнки полимерных композиций ПММА-ГОи ПММА-ДНАполучали путём отливки смеси раствора полимера и эмульсии наполнителя в бромбензоле. Поскольку графеноксиды и ДНА представляют собою нерастворимые ни в одном растворителе субстанции, то для получения относительно гомогенных смесей этих частиц и полимерной субстанции смеси готовились следующим образом. Сначала в сосуд с определённым количеством бромбензола при температуре 80 °С добавляли заданное количество наполнителя. После предварительного механического перемешивания смеси сосуд помещали в ультразвуковую баню(прибор УЗ-0,25 с частотой 250кГц) и производили УЗ-озвучивание смеси в течение 20 мин до получения относительно гомогенной эмульсии наполнителя. Затем в сосуд добавляли заданное количество полимера и выдерживали его до полного растворения.

Отливку плёнок из получаемых смесей в специальную кювету производили при той же температуре80 °Св термостате. Для полного удаления остатков растворителя плёнкиполучаемых композитов подвергали последующей сушкепри температуре 120 °С в течение 3-4 часов. Концентрацию наполнителей меняли в пределах С=0,5-10%. Толщину получаемых плёнок варьировали в пределах 50-70мкм.

Структурные исследования проводили на дифрактометрах ДРОН-2 и КРМ-1 с использованием медного излучения, фильтрованного никелем. Состояние поверхности образцов и распределение наночастиц наполнителей исследовали на микроскопе МИН-8.Тепловые свойства композитов исследо-вали на установке DSC204F1 фирмы NETZSCH при скорости нагрева и охлаждения 10град/мин. Механические испытания проводили на стандартной разрывной машине РМ-1 с автоматической записью кривой на-грузка-удлинение при относительной скорости движения нижнего зажима 10^{-2} $с^{-1}$.

Естественно, что для изучения свойств любой комбинированной системы, к коим относятся и упомянутые композиты, наиболее целесообразным является дифференциальный подход, т.е. предварительное исследование свойств их отдельных компонентов. Поскольку полимерная компонента наших композитов (ПММА) достаточно

хорошо изучена в структурном плане, то нами в основном были проведены рентгеноструктурные исследования именно использованных наполнителейи, соответственно, композитов на их основе.

Так, на рис. 1 приведены больше угловые рентгенограммы (БР) карбонизированных в процессе СВС частиц природного лигнина (*а*), глюкозы (*б*) и крахмала (*в*). Видно, что на фоне широкого аморфногогало от аморфизированной целлюлозы наблюдаются кристаллические рефлексы на углах 2θ =

19,37°; 21°; 25,5° и 2θ=26,7° (рис.1 *а*). Такая форма дифракто граммы характерна для частиц многослойного графена [6, с. 150; 7, с. 3021; 8, с. 3122]. Появление кристаллического рефлекса на угле 2θ=26,7° можно связать с присутствием графеноксидов. Что касается кристаллического рефлекса на угле 2θ =25,5°, то он соответствует графиту и указывает на то, что в процессе самоорганизации формируются частицы с небольшим числом слоёв.

На БР карбонизированной глюкозы (ГО-2) (рис.1*б*) и крахмала (ГО-3) (рис.1*в*) наблюдаются два широких аморфных гало с максимумами на углах 2Ɵ =10,12°, 21,4° (ГО-2) и 2Ɵ =24,3°, 34,5°(ГО-3), следов кристаллических рефлексов от частиц глюкозы и крахмала не наблюдается.

Визуальные наблюдения показали, что образцы композитов при маломнаполнении (С=0-3%) меняют свой цвет от прозрачного до светломатового

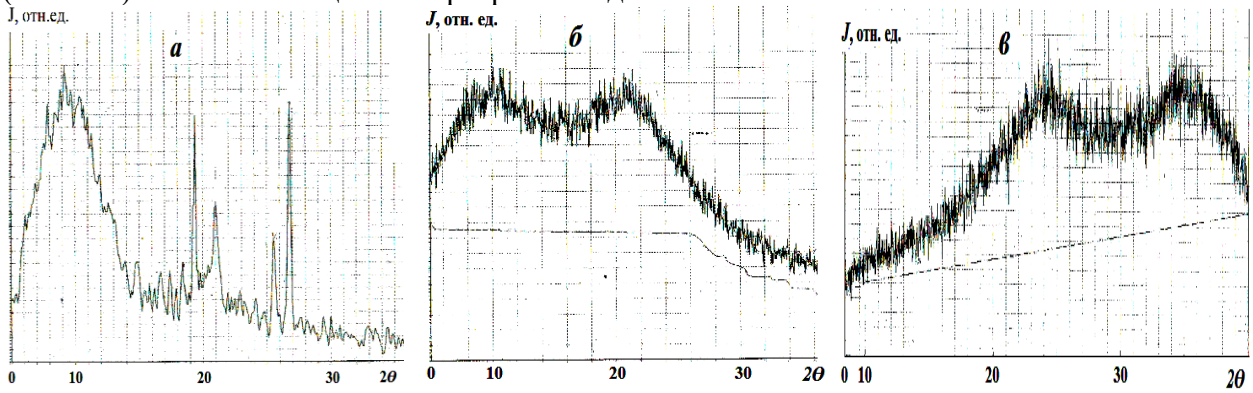


Рис.1. Большеугловые рентгенограммы карбонизированных в процессе СВСчастиц: а- природного лигнина;б-глюкозы; в- крахмала

Fig. 1. Large-angle radiographs of carbonized in the process of SHS particles: a-natural lignin; б-glucose; в-starch

цвета. С ростом концентрации наполнения в интервале С≥3-10% цвет образцов меняется от светломатовогодо тёмносерого. Кроме того, для образцов ПММА-10% ГО-2 по всему объёму наблюдается образование точечных кластеров, выстроенных в форме объёмной сетки с черырёх- и пятигранными элементарными ячейками, напоминающими одно из двух кристаллических (ромбоэдрических) модификаций графита (см. рис.2). Подобная структура также наблюдается в образцах ПММА-5% модифицированныхДНА.

Рис.2. Микрофотография поверхности композита ПММА-10% ГО-2.

Fig. 2. Microphotography of the surface of the composite PMMA-10% GO-2.

Рентгенографические исследования композитов под большими углами рассеяния показали, что для всех образцов (кроме ГО-3)с ростом концентрации наночастиц наблюдаются слабые ниспадающие рассеяния, на их фоне рефлексы от наночастиц не проявляются (см. рис. 3). На БР образцов ПММА-

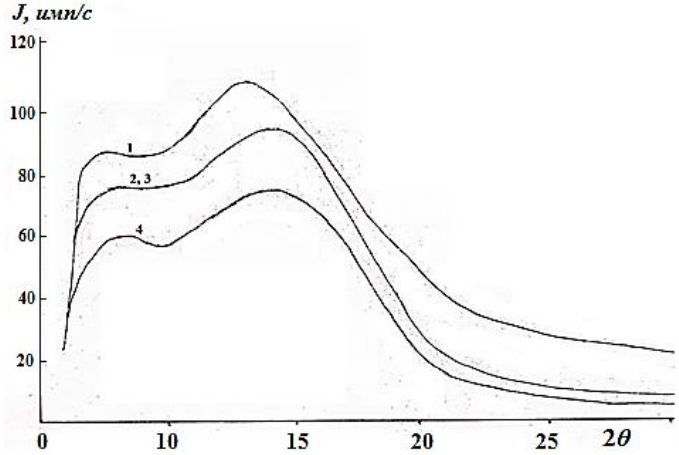


Рис.3. Большегуловые рентгенограммы композита ПММА+ГО-3. КонцентрацияГО-3: 1-0 %; 2 -1%; 3 -3%; 4 -5%.
Fig. 3. Large-Headed radiographs of the PMMA+GO-3 composite. GO-3concentration: 1-0 %; 2 -1%; 3 -3%; 4 -5%.

ГО-3 наблюдаются довольно широкие отражения в области углов рассеяния 2θ=5°-30°.

Увеличение концентрации наночастиц в пределах 0-5% масс не приводит к существенным изменениям на БР, за исключением интенсивности отражений, которая несколько снижается по сравнению с чистым полимером. По-видимому, наличие матрицы ПММА препятствует развитию порядка в организации агрегатов частиц графеноксидов, что подтверждается отсутствием отражения от них.

На малоугловых рентгенограммах (МР) всех исследованных композиций (рис.4) наблюдается рост интенсивности диффузного рассеяния с увели-

чением содержания наночастиц, причем интенсивность рассеяния от образцов ПММА-модифицированные ДНА превышает рассеяние от образцов ПММА-ГО-1, ПММА-ГО-2 и ПММА-ГО-3.

Подобное поведение интенсивности МР свидетельствует о том, что внедрение частиц ДНА в полимер сопровождается постепенным изменением и разрушением исходной структуры, возникновением большого количества микронеоднородностей типа пор и трещин (см.табл.1) и др. Рассеяние от них, в том числе и от самих частиц ДНА, обуславливает резкийрост интенсивности диффузного рассеяния на малых углах при неизменности размеров наночастиц (R- радиус инерции2-2,5 нм).

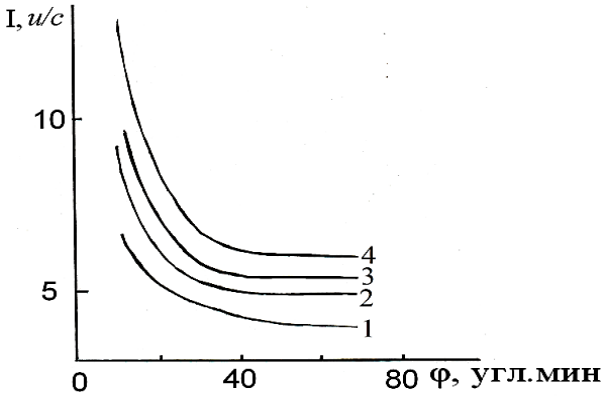


Рис. 4. Малоугловые рентгенограммы композитов ПММА-ГО-1 снаполнением:1-0 %; 2 – 0,5 %; 3 – 1 %; 4 – 3%.
Fig. 4. Small-angle radiographs of PMMA-GO-1 composites withfilling:1-0 %; 2 – 0,5 %; 3 – 1 %; 4 – 3%.

Введение графеноксидов в ПММА приводит к неодинаковым изменениям в их структуре и физических свойствах [9, с.6515]. Об этом также свидетельствует результаты механических и тепловых испытаний композитов, которые приведены в табл. 2.

Таб. 1. Размеры крупных ($H_к$), мелких ($H_м$) и их концентрации ($N_к$, $N_м$) поритрещинвкомпозитах

Tab. 1. Sizesoflarge (H_l), small (H_s) and their concentrations ($N_к$, $N_м$) poresandcracksincomposite

Композит	$H_к$, Å	$H_м$, Å	$N_к$, $см^{-3}$	$N_м$, $см^{-3}$
Чистый ПММА	100	30	$0,8\cdot10^{18}$	$4,7\cdot10^{18}$
ПММА-1% модифицированного $[Si(CH_3)_3]$ ДНА	100	30	$5,1\cdot10^{16}$	$1,5\cdot10^{18}$
ПММА-3% модифицированного $[Si(CH_3)_3]$ ДНА	100	30	$7,6\cdot10^{16}$	$2,5\cdot10^{18}$

Как видно из табл. 2, с ростом концентрации наночастиц в пределах С=0-5% в композитах ПММА-ГО-1,2,3 происходит некоторое уменьшение разрывной прочности σ_{ρ}при слабом снижении или неизменности деформируемостиε_{ρ}, а в образцах ПММА-модифицированные $Si(CH_3)_3$ и CH_2-C_4F_9 ДНА наблюдается незначительное падение или неизменностьσ_{ρ}при сохранении ε_{ρ}.

Если для систем ПММА+ГО-1, ПММА+ГО-2, ПММА+ГО-3 при концентрациях наполнителя С≥1% происходит уменьшение σ_{ρ}и почти неизменяетсяε_{ρ}, то в композитах ПММА- модифицированные ДНА это снижение

Таб. 2. Тепловые и механические свойства композитов ПММА-ГО, ДНА

Tab. 2. Thermal and mechanical properties of PMMA-GO, DND composites

Композит	σ_{ρ}, МПа	ε_{ρ}, %	T_1, °C	T_2, °C	T_3, °C
ПММАисходный	40	6,5	80	120	180
ПММА-0,5% ГО-1	42	4,5	82	122	200
ПММА-1% ГО-1	45	2,0	82	122,5	-
ПММА-3% ГО-1	50	1,5	82	127	-
ПММА-1% ГО-2	25,6	3	68,6	-	-
ПММА-3% ГО-2	24,8	3	68,6	170	-
ПММА-5% ГО-2	18,7	3	70	177,6	-
ПММА-10% ГО-2	22,2	3	66	-	-
ПММА-1% ГО-3	30,5	3	70,7	112,7	-
ПММА-3% ГО-3	25,4	3	73,1	-	-
ПММА-5% ГО-3	21,7	3	72,3	-	196,4
ПММА-1% модиф. $Si(CH_3)_3$ ДНА	38,1	3	70,7	96	-
ПММА-3% модиф. $Si(CH_3)_3$ ДНА	31,1	3	72,3	102	149,3
ПММА-5% модиф. $Si(CH_3)_3$ ДНА	33,1	3	85,5	112,6	-
ПММА-1% модиф. CH_2-C_4F_9ДНА	29,4	3	69,7	190,8	-
ПММА-3% модиф. CH_2-C_4F_9ДНА	26,3	3	69,6	166	-
ПММА-5% модиф. CH_2-C_4F_9ДНА	29,2	3	69,9	191,4	-

выражено относительно слабо, то есть наблюдается достаточно большое сохранение ресурса механических свойств. Такое поведение механических свойств, по-видимому, связано с возникновением сшивок между макромолекулами и образованием дефектов типа пор.

Результаты термографических исследований приведены в табл.2. На термограмме исходного ПММА наблюдаются эндотермические пики-изломы при температурах T_1=80°, T_2=120- 122° и T_3=180- 200°С [2, с.130], где T_1 соответствует температуре стеклования или размягчения, T_2 – температура перехода в высокоэластическое состояние, T_3 – температура начала разложения ПММА. С ростом концентрации наночастиц в интервале С=0-5% для образцов ПММА-ГО-1 проявляется тенденция некоторого роста T_1на 2 градуса, температуры перехода T_2на 7 градусов и постепенное исчезновение T_3.

При переходе к образцам ПММА-ГО-2, ПММА-ГО-3 и ПММА+ДНА

наблюдается тенденция спада (для композита ПММА-ДНА (CH_2-C_4F_9) и постоянство температуры T_1,смещение T_2 в сторону высоких температур и постепенное исчезновение T_3. (см.табл.2).

Концентрационные зависимости T_1(С) и T_2(С) свидетельствуют об уменьшении подвижности цепных молекул матрицы, а также об изменении физического состояния аморфных областей, а зависимость T_3(С) показывает смещение температуры начала разложения композита в сторону более высоких температур. В этом, по-видимому, проявляется стабилизирующая роль наполнителя в композите.

Таким образом, внедрение наночастиц (графеноксидов) в аморфные полимеры сопровождается существенными изменениями в их структуре, механических и тепловых свойствах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Губин С.П. Графен и материалы на его основе/ С.П. Губин, С.В.Ткачёв. Радиоэлектро-ника, наносистемы, информационные технологии, 2010. -Т.2. -№1-1. -С.99-137.
2. Туйчиев Ш. Структура и свойства полимерных нанокомпозитов / Ш.Туйчиев, Д.Рашидов. - Душанбе: Эр-Граф, 2018. - 211 с.
3. Мержанов А.Г. Твердопламенное горение/ А.Г.Мержанов, А.С.Мукасьян. - М.: Черноголовка, 2000. - 336 с.
4. Voznyakovskii A.P. Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics/ A.P.Voznyakovskii, A.Yu.Neverovskaya, A.OtvalkoJa, E.V.Gorelova, A.N. Zabelina 2018.-V.9.-No1.- PP.125-128.
5. Долматов В.Ю. Детонационные наноалмазы: синтез, строение, свойства и применение / В.Ю. Долматов. Успехи химии, 2007. - Т.46. -№4. -С.375-397.
6. Stobinskiab L. Effect of nanographene oxides on the structure and properties of crystalline polymers/L.Stobinskiab, B.Lesiak, A.Malolepszyc, M.Mazurkiewicz1, B.Mierzwa, J. Zemekd, P.Jiricekd, I.Bieloshapkad. Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena, 2014.-V.195. - P.145-154.
7. Sungjin Park. Hydrazine-reduction of graphite- and graphene oxide/ Sungjin Park, An. Jinho, Jeffrey R. Potts, Aruna Velamakanni, Shanthi Murali, Rodney S. Ruoff. Carbon, 2011.-V.49.-PP.30I9-3023.
8. Ahmed A. Elzatahry. Magnetite Nanocomposite for Potential Environmental Application / Ahmed A. Elzatahry, Aboubakr M. Abdullah, Taher A. Salah El-Din, Abdullah M. Al-Enizi, Ahmed A. Maarouf, Ahmed Galat, Hagar K. Hassan, Ekram H. El-Ads, Salem S. Al-Theyab, Attiah A Al-Ghamdi. Graphene. Int. J. Electrochem. Set, 2012.- V.7.- PP.3115-3126.
9. Kim H. Polymer Nanocomposites / Kim H., Abdala A.A., Macosko C.W. Graphene. - Macromolecules, 2010.-V.43.- PP.6515-6530.

REFERENCES LITERATURE

1. Gubin S.P. Graphene and materials based on it / S.P. Gubin, S.V. Tkachev. Radioelectronics, nanosystems, information technologies, 2010. -T.2. -№1-1. -P.99-137.
2. Tuychiev Sh. Structure and properties of polymer nanocomposites / Sh. Tuychiev, D. Rashidov. - Dushanbe: Er-Graf, 2018 .- 211 p.
3. Merzhanov A.G. Solid-flame combustion / A.G. Merzhanov, A.S. Mukasyan. - M.: Chernogolovka, 2000 .- 336 p.
4. Voznyakovskii A.P. Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics / A.P. Voznyakovskii, A.Yu.Neverovskaya, A.OtvalkoJa, E.V. Gorelova, A.N. Zabelina 2018.-V.9.-No1.- P.125-128.
5. Dolmatov V.Yu. Detonation nanodiamonds: synthesis, structure, properties and application / V.Yu. Dolmatov. Advances in chemistry, 2007. - V.46. -№4. -P.375-397.
6. Stobinskiab L. Effect of nanographene oxides on the structure and properties of crystalline polymers/L.Stobinskiab, B.Lesiak, A.Malolepszyc, M.Mazurkiewicz1, B.Mierzwa, J. Zemekd, P.Jiricekd, I.Bieloshapkad. Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena, 2014.-V.195. - P.145-154.
7. Sungjin Park. Hydrazine-reduction of graphite- and graphene oxide/ Sungjin Park, An. Jinho, Jeffrey R. Potts, Aruna Velamakanni, Shanthi Murali, Rodney S. Ruoff. Carbon, 2011.-V.49.-PP.30I9-3023.
8. Ahmed A. Elzatahry. Magnetite Nanocomposite for Potential Environmental Application / Ahmed A. Elzatahry, Aboubakr M. Abdullah, Taher A. Salah El-Din, Abdullah M. Al-Enizi, Ahmed A. Maarouf, Ahmed Galat, Hagar K.

Hassan, Ekram H. El-Ads, Salem S. Al-Theyab, Attiah A Al-Ghamdi. Graphene. Int. J. Electrochem. Set, 2012.- V.7.- PP.3115-3126.
9. Kim H. Polymer Nanocomposites / Kim H., Abdala A.A., Macosko C.W. Graphene. - Macromolecules, 2010.-V.43.- PP.6515-6530.

ТАЪСИРИ ГРАФЕНОКСИДҲО ВА НАНОАЛМОСҲОИ МОДИФИКАТСИЯШУДА БА СОХТОР, ХОСИЯТҲОИ ГАРМӢ ВА МЕХАНИКИИ ПОЛИМЕТИЛМАКРИЛАТ

Барои дарёфти композитҳои полимерии дорои хосиятҳои беҳтарин истифодаи пуркунандаҳои нанокарбонӣ, амсоли фуллеренҳо, нанографитҳо, нанографенҳо ва ғ. пешниҳод мешаванд. Ба сифати намунаҳои таҳқиқот композитҳои полимерӣ бар асоси ПММАи аморфӣ бо массаи молекулии M=8·10^4, графеноксидҳои лигнинӣ (ГО-1), глюкозавӣ (ГО-2) ва крахмалӣ (ГО-3), инчунин, алмосидетонатсионии бо фрагментҳои триметилсилилӣ ва перфторолефини модификатсияшуда истифода шуданд. Дар мақола нишон дода шудааст, ки бо афзоиши консентратсияи ГО-1 дар намунаҳои ПММА-ГО афзоиши начандон калони мустаҳкамии каниш ва муттасил пастшавии деформатсияи каниш ба амал меояд. Барои намунаҳои ПММА-ГО-2 ва ПММА-ГО-3 якбора пастшавии σ_ρ аллкай, дар консентратсияи С=1% ҳангоми бетағйир мондани деформатсия мушоҳида мешавад. Вале дар намунаҳои ПММА-ДНАи модификатсияшуда афтиши ночиз ё доимияти мустаҳкамии каниш ва деформатсияи каниш ҷой дорад, яъне бақои бештар кофии захираи хосиятҳои механикӣ мушоҳида мешавад. Чунин рафтори хосиятҳои механикӣ, эҳтимол, бо дӯхташавии байниҳамии занҷирҳои молекулӣ ва ҳосилшавии нуқсҳои намуди холигӣ алоқаманд аст. Таҳқиқоти термографии композитҳо нишон доданд, ки афзоиши консентратсияи зарраҳои ГО боиси тағйирёбии температураи нармшавӣ ва кӯчиши ҳарорати ибтидои вайроншавии гармӣ ба ҷониби ҳароратҳои баландтар мегардад, яъне гармитобоварии полимерро афзун менамояд.

Калидвожаҳо: полимер, нанокарбонҳо, графеноксидҳо, наноалмосҳо, композит, сохтор, мустаҳкамӣ, деформатсия, ҳарорат.

ВЛИЯНИЕ ГРАФЕНОКСИДОВ И МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАНОАЛМАЗОВНА СТРУКТУРУ, ТЕПЛОВЫЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТА

Для получения полимерных композитов с хорошими эксплуатационными свойствами предлагается использовать наноуглеродные наполнители – фуллерены, нанотрубки, нанографены и др. В качестве объектов исследования использованы композиты на основе аморфного ПММА с молекулярной массой M=8·10^4,лигнинового (ГО-1), глюкозного (ГО-2) и крахмального (ГО-3)графеноксидов и модифицированныхтриметилсилиловым иперфторолефиновым фрагментами детонационного наноалмаза. Показано, что с ростом концентрации ГО-1 в образцах композитов ПММА-ГО наблюдается незначительный рост разрывной прочности и монотонное падение разрывной деформации. Для образцов композитов ПММА-ГО-2 ва ПММА-ГО-3 имеет место падение разрывной прочности уже при 1%-м наполнении при неизменной разрывной деформации. Однако для образцов композитов ПММА-модифицированные ДНА наблюдается незначительное падение или практическое постоянство разрывных прочности и деформации, т.е. имеет место значительное сохранение запасов механических свойств системы. Такое поведение механических свойст, вероятно, связано с межмолекулярной сшивкой цепей и образованием дефектов типа пор. Термографические исследования композитов показали, что рост концентрации частиц ГО приводит к росту температуры стеклования (размягчения) и температуры начала теплового разложения полимера, т.е. к росту его теплостойкости.

Ключевые слова: полимер, нанокарбоны,графеноксиды, наноалмазы, композит, структура, прочность, деформация, температура.

THE EFFECT OF GRAPHENE OXIDES MODIFIED NANODIAMONDS ON STRUCTURE, THERMAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF POLYMETHYLMETHACRYLATE

To obtain polymer composites with good performance properties, it is proposed to use nanocarbon fillers – fullerenes, nanotubes, nanographenes, etc. The objects of research are composites based on amorphous PMMA with a molecular weight of M=8×104, lignin (GO-1), glucose (GO-2) and starch (GO-3) graphenoxides and modified trimethylsilyl and perfluorolefin fragments of detonation nanodiamond. It is shown that with an increase in the concentration of GO-1 in the samples of PMMA-GO composites, there is a slight increase in the breaking strength and a monotonous drop in the breaking strain. For samples of PMMA-GO-2 VA PMMA-GO-3 composites, there is a drop in the breaking strength already at 1% filling with a constant breaking strain. However, for samples of PMMA-modified nanodiamonds composites, there is a slight drop or practical constancy of breaking strength and deformation, i.e. there is a significant conservation of mechanical reserves. Thermographic studies of composites have shown that an increase in the concentration of GO particles leads to an increase in the glass transition temperature (softening) and the temperature of the beginning of thermal decomposition of the polymer, i.e., to an increase in its heat resistance.

Keywords: polymer, nanocarbons, graphene oxides, nanodiamonds, composite, structure, strength, deformation, temperature.

Маълумот дар бораи муаллифон: ***ТуйчиевШарофиддин*** **–** Институти илмӣ-таҳқиқотии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, доктори илмҳои физика-математика, профессор. **Суроға:** 734025, Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбониРудакӣ 17.
Рашидов Ҷалил **–** Институти илмӣ-таҳқиқотии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, сарходими илмии озмоишгоҳи физикаи муҳитҳои конденсӣ. **Суроға:** 734025, Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рудакӣ, 17. Телефон: **988-57-89-11**
Табаров Саъдӣ Холович **–** Институти илмӣ-таҳқиқотии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, мудири озмоишгоҳи физикаи муҳитҳои конденсӣ. **Суроға:** 734025, Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рудакӣ, 17. E-mail: s.tabarov@mail.ru. Телефон: **2-21-79-31**
Содиқов Фирӯзҷон Ходихоҷаевич – Институти илмӣ-таҳқиқотии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, ходими пешбари илмии озмоишгоҳи физикаи муҳитҳои конденсӣ. **Суроға:** 734025, Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рудакӣ, 17. E-mail: fiuz34@mail.ru.Телефон: **918-21-69-60**

Дустов Алишер Искандарович – Институти илмӣ-таҳқиқотии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, ходими калони илмии озмоишгоҳи физикаи муҳитҳои конденсӣ. **Суроға:** 734025, Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рудакӣ, 17. E-mail: alidust@mail.ru. Телефон: **919-64-72-04**

Сведения об авторах: ***ТуйчиевШарофиддин*** **–** Научно-исследовательский институт Таджикского национального университета, доктор физико-математических наук, профессор. **Адрес:** Таджикистан, 734025, г.Душанбе, проспект Рудаки, 17.
Рашидов Джалил **–** Научно-исследовательский институт Таджикского национального университета, главный научный сотрудник лабораторией физики конденсированных сред. Адрес: Таджикистан, 734025, г.Душанбе, проспект Рудаки, 17. Телефон: **988-57-89-11**
Табаров Саади Холович **–** Научно-исследовательский институт Таджикского национального университета, заведующий лабораторией физики конденсированных сред. **Адрес:** Таджикистан, 734025, г.Душанбе, проспект Рудаки, 17. E-mail:s.tabarov@mail.ru Телефон: 2-21-79-31.
Содиков ФирузджонХодиходжаевич **–** Научно-исследовательский институт Таджикского национального университета, ведущий научный сотрудник лабораторией физики конденсированных сред. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки 17. Телефон: **918-21-69-60.** E-mail: firuz34@mail.ru
Дустов Алишер Искандарович **–** Научно-исследовательский институт Таджикского национального университета, старший научный сотрудник лабораторией физики конденсированных сред. **Адрес**: 734025, Республика Таджикистан, г.Душанбе, проспект Рудаки 17. Телефон: **919-64-72-04.** E-mail: alidust@mail.ru

Information about the authors: ***TuichievSharofiddin*** – Research Institute of the Tajik National University, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor. **Address:** Tajikistan, 734025, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17.
RashidovJalil - Research Institute of the Tajik National University, Chief Researcher of the Department of Physics of Condensed medium. **Address:** Tajikistan, 734025, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. Phone: **988-57-89-11**
Tabarov Saadi Kholovich – Research Institute of the Tajik National University, Head of the Physics of Condensed medium Department. **Address:** Tajikistan, 734025, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. . E-mail:s.tabarov@mail.ru Phone: **2-21-79-31**.
Sodikov Firuzjon Khodikhojaevich – Research Institute of the Tajik National University, leading researcher of the Department of Physics of the Condensed medium. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue 17. Phone: **918-21-69-60**. E-mail: firuz34@mail.ru
Dustov Alishe rIskandarovich – Research Institute of the Tajik National University, Senior Researcher, Department of Physics of the Condensed medium. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue 17. Phone: **919-64-72-04**. E-mail: alidust@mail.ru.

УДК: 536.12.24

УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ МАМЕДОВА – АХУНДОВА – САФАРОВА ЭЛЕКТРОЛИТОВ СИСТЕМЫ H_2O+TIO_2 ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ И ДАВЛЕНИЯХ

Исмонов Ф.Д., Маджидов Х.М., Гуломов М.М., Хубатхузин А.А., Неъматов А. Махкамова И.И., Джумъаев С.С.
Таджикский государственный педагогический университет имени С. Айни
Казанский химико- технологический университет

Цель данной работы заключается в экспериментальном определении плотности наножидкостей системы вода+двуокись титана в зависимости от температуры (293-553) Ки давлении (0,101-49,01) МПа. Для измерения плотности наножидкостей, электролитов, обычно используют метод гидростатического взвешивания и пьезометрический метод. Общая относительная погрешность измерения плотности наножидкостей при доверительной вероятности α=0,95 соответственно для метода гидростатического равен 0,1, а для пьезометрического метода – 0,05%.

Для исследования плотности электролитов системы (вода $+TiO_2$) авторами был использован метод гидростатического взвешивания (1). Выше названная установка в основном состоит из измерительного автоклава системы заполнения, системы вакуумирования, системы измерения изменения давления, температуры и аналитические весы [1-3]. До проведения исследования плотности наножидкостей системы (H_2O+0; 0,1; 0,2; 0,3%) двуокись титана, экспериментальная установка для измерения платности, было тестирована, т.е. было проведено контрольное измерение. В качестве контрольных образцов нами были использованы, толуол, бензол, вода и воздух.(4)

Результаты тестирование установки, т.е. контрольных измерений показало, что в переделе погрешностся опыта совпадает с литературными данными (4).

Результаты экспериментального исследования плотности наножидкостей (коллоидных) показало, что с увеличением температуры плотность исследуемых электролитов уменьшается почти по линейному закону, а с повышением давления их плотность растет.

Авторы ряда работ, в том числе теплофизиков бившего советского союза для получения уравнение состояния использовали бинарные, тернарные растворы, электролитов, а также чистых углеводородов степенные, логарифмические и др. Уравнение состояния (УС) для исследования плотности при высоких параметрах состояния было получено авторам [2,3,13].

В наножидкостях системы вода+TiO_2, с нанонапольнителем изменялось в пределе от 0-0,3%массовой концентрации. В своей работе, мы использовали уравнение в следующем виде, которое в науке названо уравнением типа Тейта[8-11].

$$\rho = \frac{\rho_0}{1+\ln\left[\frac{B+P}{B_0+P_0}\right]} \text{ .. (1)}$$

где $\rho_0, \rho -$ плотность при атмосферном давлении и $T = const$ плотность при различных температурах и (273-573)К и давлениях (4,91 - 100) МПа; В и B_0 – постоянные которые равны к единицу давления.

В 60-70 годы прошлого века теплофизики мира уравнение состояния жидких растворов электролитов и наножидкостей искали в вириальных виды, а также прямых имеющий логарифмических вид:

$$\rho = f(P);\ \rho = f(\rho^2, \rho^3, \rho^4 ... \rho^n);\ (2)$$

С помощью выражения (2) и экспериментальных данных т.е.плотности исследуемых растворов в координатах (P,T) был построен график зависимости $\rho = f(\rho, T);$ а затем получено уравнение состояния в виде:

$$\rho = f(P, T);$$

Так как графики уравнений полученных на плоскости (P,T) имеют сложный вид, т.е. не прямые линии, поэтому многие авторы в том число профессора Мамедов, Ахундов, Григорьев, Сафаров, и др., для получения прямых линии искали в следующих выражениях (2-4)

$$\left.\begin{array}{l} \rho = f(T, P);\ \rho = f(T, P^2);\ P = f(\rho, T) \\ P = f(\rho^2, T);\ P = f(P^3, T); \end{array}\right\} \ (3)$$

Кроме, того на основе значения плотности, температуры и давления авторы для того чтобы получили прямые линии использовали следующие функции:

$$\rho = f(P);\ \frac{P}{\rho^2} = f(\rho^3; \rho^4; \rho^5; \rho^6)\ .\ (4)$$

Авторы Мамедов- Ахундов используя выражение (4) получили прямые линии:

$$\frac{P}{\rho^2} = f(\rho^6)\ .\ (5)$$

Для ацетатов, бутиратов, сложных кислот, эфиров и др. были получены следующие графики представленные на рисунке 1[3].

Профессор Сафаров М.М его ученики используя выражение (5) для жидких простых эфиров, водных растворов гидразина при высоких параметров состояние также получил график приве-денных на рисунке 1-4[3,12,13]. Надо отметить, также успешно использовали данную методику получения уравнения состояния, которые занимались исследованием плотности жидкостей, наножидкостей [3,12,13].

Убедившись в точном получении уравнения состояния (УС) также для электролитов системы (H_2O+TiO_2), нами была использована данная методика.

Результаты обработки и получение уравнения состояния (УС) для некоторых исследуемых растворов при различных температурах и давлениях уравнение (1-5), представлены в таблицах 1-3 и рисунках 1-3. На основе графика привведенние на рисунках 1-3, нами получен ряд эмперические уравнения (6-23).

- для воды без добавки наночастиц (TiO_2):

$$T = 283K: \frac{P}{\rho^2} = 250 \cdot 10^{-18} \rho^6 - 295\ (6)$$

$$T = 293K: \frac{P}{\rho^2} = 222{,}2 \cdot 10^{-18} \rho^6 - 238{,}9\ (7)$$

$$T = 323K: \frac{P}{\rho^2} = 666{,}7 \cdot 10^{-18} \rho^6 - 669{,}8\ (8)$$

$$T = 353K : \frac{P}{\rho^2} = 222{,}2 \cdot 10^{-18} \rho^6 - 192{,}2 \, (9)$$

$$T = 393K : \frac{P}{\rho^2} = 285{,}7 \cdot 10^{-18} \rho^6 - 218{,}6 \, (10)$$

$$T = 433K : \frac{P}{\rho^2} = 333{,}3 \cdot 10^{-18} \rho^6 - 223{,}3 \, (11)$$

- для растворов системы (H_2O+1,0%TiO_2): выражение (12)–(17)

$$T = 283K : \frac{P}{\rho^2} = 285{,}4 \cdot 10^{-18} \rho^6 - 347{,}1 \, (12)$$

$$T = 293K : \frac{P}{\rho^2} = 250 \cdot 10^{-18} \rho^6 - 252{,}5 \, (13)$$

$$T = 323K : \frac{P}{\rho^2} = 285{,}7 \cdot 10^{-18} \rho^6 - 289{,}9 \, (14)$$

$$T = 353K : \frac{P}{\rho^2} = 166{,}7 \cdot 10^{-18} \rho^6 - 144{,}9 \, (15)$$

$$T = 393K : \frac{P}{\rho^2} = 222{,}2 \cdot 10^{-18} \rho^6 - 169{,}9 \, (16)$$

$$T = 433K : \frac{P}{\rho^2} = 333{,}3 \cdot 10^{-18} \rho^6 - 236{,}7 \, (17)$$

-для растворов системы (H_2O+3,0%TiO_2): выражение (18 - 23)

$$T = 283K : \frac{P}{\rho^2} = 250 \cdot 10^{-18} \rho^6 - 315 \, (18)$$

$$T = 293K : \frac{P}{\rho^2} = 250 \cdot 10^{-18} \rho^6 - 290 \, (19)$$

$$T = 323K : \frac{P}{\rho^2} = 222{,}2 \cdot 10^{-18} \rho^6 - 241{,}1 \, (20)$$

$$T = 353K : \frac{P}{\rho^2} = 222{,}2 \cdot 10^{-18} \rho^6 - 221{,}1 \, (21)$$

$$T = 393K : \frac{P}{\rho^2} = 285{,}7 \cdot 10^{-18} \rho^6 - 247{,}1 \, (22)$$

$$T = 433K : \frac{P}{\rho^2} = 250 \cdot 10^{-18} \rho^6 - 197{,}5 \, (23)$$

Коэффициенты уравнения состояния (УС) для некоторых растворов системы представлены ниже (таблица 1).

-для воды без добавки наночастиц (TiO_2).

Таблица 1-Значение коэффициентов уравнения Мамедова-Ахундова для H_2O.

Т,К	$B \cdot 10^{-18}, \frac{Па \cdot кг^4}{м^3}$	$-A, \frac{Па \cdot М^6}{кг^2}$
283	250	295,0
293	222,2	238,9
323	666,9	669,8
353	222,2	192,2
393	285,7	218,6
433	333,3	223,3

-для растворов системы (H_2O+1,0%TiO_2).

Т,К	$B \cdot 10^{-18}, \frac{Па \cdot кг^4}{м^3}$	$-A, \frac{Па \cdot М^6}{кг^2}$
283	285,4	347,1
293	250,0	252,5
323	285,7	285,9
353	166,7	144,9
393	222,2	169,9
433	333,3	236,7

-для растворов системы (H_2O+3,0%TiO_2):

Т, К	$B \cdot 10^{-18}, \frac{Па \cdot кг^4}{м^3}$	$-A, \frac{Па \cdot М^6}{кг^2}$
283	250,0	315,0
293	250,0	290
323	222,2	241,1
353	222,2	221,1
393	285,7	247,1
433	250,0	197,5

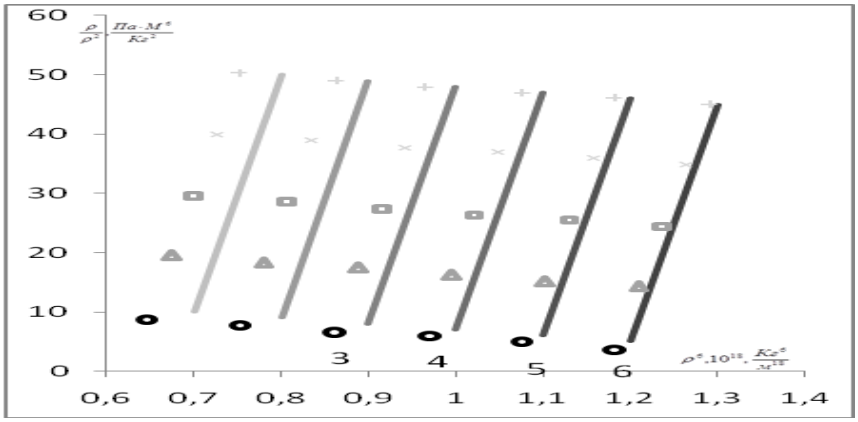


Рис. 1. Зависимость $\frac{P}{\rho^2}$ ***от*** ρ^6 ***для образца №1 (*** H_2O ***– без добавки нано частиц) при различных температурах и давлениях:1-433; 2-353; 4-323; 5-293; 6-283K Fig. 1. Dependence on*** $\frac{P}{\rho^2}$ ***of*** ρ^6 ***for sample No. 1 (H2O - without the addition of nanoparticles) at different temperatures and pressures: 1-433; 2-353; 4-323; 5-293; 6-283K***

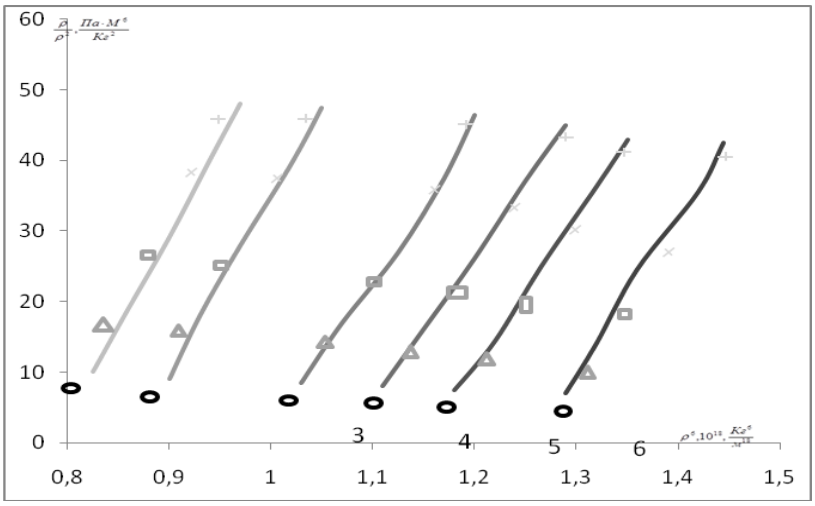


Рис. ***2. Зависимость*** $\frac{\rho}{\rho^2}$ ***от*** ρ^6 ***для образца (*** $H_2O + 3{,}0\%TiO_2$ ***) при различных температурах и давлениях: 1-433; 2-393; 3-353; 4-323; 5-293; 6-283 K.***

Fig. ***2. Dependence on*** $\frac{P}{\rho^2}$ ***of*** ρ^6 ***for the sample (*** $H_2O + 3{,}0\%TiO_2$ ***) at different temperatures and pressures: 1-433; 2-393; 3-353; 4-323; 5-293; 6-283 K.***

Как видно из рисунков 1 и 2 для всех исследуемых растворов системы (H_2O+TiO_2) график функциональной зависимости $\frac{\rho}{\rho^2} = f(\rho^6)$ имеет линейный характер.

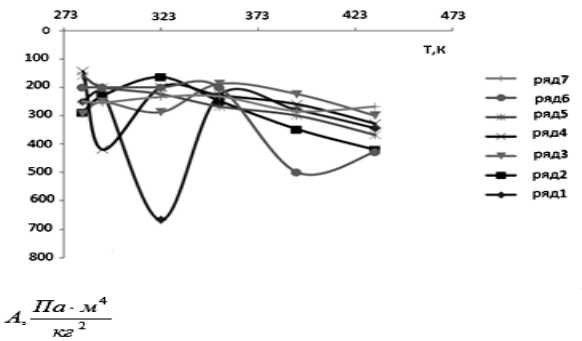
Для определения коэффициента прямых линий представленных на рисунке 1 и 2 нами использованы метод наименьших квадратов Exsel или Matlab.

Уравнение состояния (УС) исследуемых образцов т.е. водных растворов двуокись титана имеет вид:

$$\frac{P}{\rho^2} = A + B\rho^6 \quad . (24)$$

Анализ значений А и В, которые представлены в таблице 1 зависят от температуры.

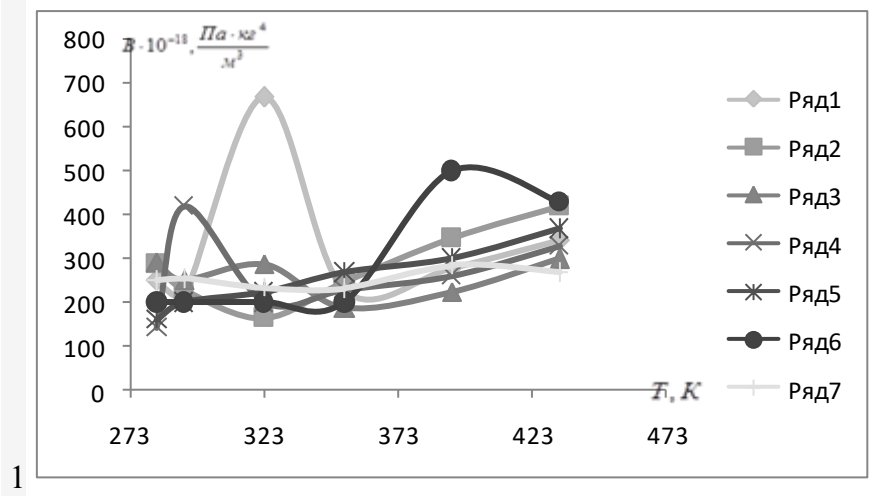
График зависимости коэффициентов уравнения состояния (УС) типа Мамедова –Ахундова-Сафарова т.е. для выражение имеет следующее вид (рисунки 1-4):



$A, \frac{Па \cdot м^4}{кг^2}$

Рис. 3. Зависимость коэффициента А от Т температуры Т,К:1– обр. №1 (H_2O); 2- обр. №2 (H_2O+0,5%TiO_2); 3- обр. №3 (H_2O+1,0%TiO_2); 4- обр. №4 (H_2O+1,5%TiO_2); 5- обр. №5 (H_2O+2,0%TiO_2); 6- обр. №6 (H_2O+2,5%TiO_2);7- обр. №6 (H_2O+3,0%TiO_2);

Fig. 3. Dependence of the coefficient A on T temperature T, K: 1– sample. No. 1 (H_2O); 2- sam. №2 (H_2O+0,5%TiO_2); 3- sam. №3 (H_2O+1,0%TiO_2); 4- sam. №4 (H_2O+1,5%TiO_2); 5- sam. №5 (H_2O+2,0%TiO_2); 6- sam. №6 (H_2O+2,5%TiO_2);7- sam. No.6 (H_2O+3,0%TiO_2);



1

Рис. 4. Зависимости коэффициента В от температуры Т,К:1– обр. №1 (H_2O); 2- обр.№2 (H_2O+0,5%TiO_2);3- обр. №3 (H_2O+1,0%TiO_2):4- обр. №4 (H_2O+1,5%TiO_2); 5- обр. №5 (H_2O+2,0%TiO_2);6- обр. №6 (H_2O+2,5%TiO_2); 7-обр. №6 (H_2O+3,0%TiO_2)

Fig.4. Dependences of coefficient B on temperature T, K: 1– sample. No. 1 (H_2O); 2- sam. №2 (H_2O+0,5%TiO_2);3- sam. №3 (H_2O+1,0%TiO_2):4- sam. №4 (H_2O+1,5%TiO_2); 5- sam. №5 (H_2O+2,0%TiO_2);6- sam. №6 (H_2O+2,5%TiO_2); 7- sam. №6 (H_2O+3,0%TiO_2)

Уравнение состояния (УС) Мамедова – Ахундова дает возможность с учетом решения дифференциальных уравнений первого и второго порядка определить калорические, термодинамические свойства исследуемых растворов системы (H_2O+TiO_2), т.е. разность теплоемкостей (C_p- C_v),коэффициент термического расширения ($\alpha_т$) и коэффициент изотермической сжимаемость ($\alpha_р$) при различных температурах и давлениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адаменко И.И. Об уравнении состояния Тейта / И.И. Адаменко, Л.П. Самойленко. Физика жидкого состояния. –Киев, 1987. №15. - С. 120-124.
2. Абовский В.А. Об уравнении состояния Тейта / В.А. Абовский/ Теплофизика высоких температура. – 1972. Т.10. -№6. - С.1221-1225.
3. Варчафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей/ Н.Б. Варчафтик. - М., 1963. – 708 с.
4. Давлатов Н.Б. Плотность и уравнении состояния водных растворов ($0,5N_2H_4$+$0.5H_2O$)/ Н. Б.Давлатов, М.М.Сафаров, М.А. Зарипова/ Материалы 10 МТФШ Теплофизические исследования и измерения при контроле качества веществ материалов и изделий , 3-8 октября 2016 г., г.Душанбе-Тамбов , 2016. – С.335-340.
5. Едалиева З.Н. Теплофизические и термодинамические характеристики полупро-водниковых систем Cdsb – $Nisb_3$ и влияние их на изменение свойства диметилгид-разинаот температуры и давления / З.Н. Едалиева. // дис. к.т.н. Душанбе –Казань, 2016. - 148с.
6. Зарипова М.А. Влияние наночастиц на изменение теплофизических, термодинамических свойств некоторых кислородосодержащих, азотосодержащих органических жидкостей при различных температурах и давлениях/ М.А. Зарипова. дис. д-ра т. н. Душанбе, 2016. – 530 с.
7. Махно М.Г Изучение уравнения состояния и равновесных свойств молекулярных жидкостей./ М. Г.Махно // Дис. канд. физ-матем. наук. –Киев. -1982. -186с.
8. Сысоев В.М/ О статическом обосновании функциального вида уравнения Тейта// физика жидкого состояния/ В.М Сысоев/ –Киев. 1987.-N6.С. 1221-1225
9. Сафаров М.М. Теплофизических свойства простых эфиров и водных растворов гидразина при различных температурах и давлениях / М. М.Сафаров // Дис. д.т.н. - Душанбе, 1993. - 495 с.
10. Циклис Д.С. О корреляции констант уравнения Тейта/ Д.С.Циклис, В.Я.Маслеников, В.А.Абовский. Докл. АН СССР, 1977. Т.233. -№5. - С. 816-820.

11. Tait P.6 Report on Jome of the Physical Properties of Water.1888.v. 47.pp.301-308.
12. Guth E.D. Пат. 3732694 (США). Method for catalytic decomposition of monopropellant hydrazine. /E.D. Guth, J.L.Blumenthal. //– Опубл. 15.05.73. 5. hhtp://www.IranNanotech.com
13. Hall J. The orogin of ultrasonic absorption in water // Phys.Rev. – 1948. – V.73, № 7. – P.775 – 781.
14. Hall E.O.Proc.Phys.Soc.London,1951.V.B64,pt 9(381B), P.747.
15. Kirk-OlmerEncyclopedie of Chemical Technology. 1 ed.,V.7. – 1951. –P.570; 2 ed., V.11.–1966.– P.164. New York, London, Sydney, Toronto, Interscience Publishers.
16. Kraussold N. //Fereschung Gebiete Yugh.W. – 1934. – Vol.5. - № 4. –186 s. 10.Mc Millan J.A., Los S.C. // J.Chem. Phys. – 1965. –V.42, № 1. –P.160; N 3. - P.829.
17. Michels A., Botzen A. A method for the determination of thermal conductivity of gass at leilhprossurs // Physics. – 1952. – Vol.18. - P.605-612.
18. Pannetier G.Diagrammes de Solidification et masses volumiques de melangesazotured'hydraziniumhydrazines divorcement hydrates. /G. Pannetier, F. Margineanu. // Bull.Soc.Chem.France. – 1972. – № 10. – P.3725-3728.
19. Polts H. Die Wärmeleitfäukeit von Flüssigkeiten. III. Abhändigkeit der Warmelcitfähigkeit von der SchiehtdickebeiorganischenFlüssigkeiten // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 1965/ - Bd.8. - № 4. – P.609 – 620. 269

REFERENCES LITERATURE

1. Adamenko I.I. About the Tate equation of state / I.I. Adamenko, L.P. Samoylenko. Physics of the liquid state. –Kiev, 1987. №15. - P. 120-124.
2. Abovskiy V.A. On the Tate equation of state / V.A. Abovskiy. High Temperature Thermal Physics. - 1972. T.10. -№6. - P. 1221-1225.
3. Varchaft N.B. Handbook of thermophysical properties of gases and liquids / N.B. Varchaft. - M., 1963 .-- 708 p.
4. Davlatov N.B. Density and equation of state of aqueous solutions ($0{,}5N_2H_4+0.5H_2O$)/ N.B.Davlatov, M.M.Safarov, M.A. Zaripova / Materials 10 MTPSh Thermophysical investigations and measurements in the quality control of substances of materials and products, October 3-8, 2016, Dushanbe-Tambov, 2016. - P.335-340.
5. Edalieva Z.N. Thermophysical and thermodynamic characteristics of semiconductor systems Cdsb –Nisb3 and their influence on the change in the properties of dimethylhydrazine from temperature and pressure / Z.N. Edalieva. // dis. Ph.D. Dushanbe-Kazan, 2016. - 148p.
6. Zaripova M.A. Influence of nanoparticles on the change in the thermophysical, thermodynamic properties of some oxygen-containing, nitrogen-containing organic liquids at different temperatures and pressures. Zaripova. dis. Dr.t.n. Dushanbe, 2016 .- 530 p.
7. Makhno MG Study of the equation of state and equilibrium properties of molecular liquids / MG Makhno // Dis. Cand. phys-math. sciences. - Kiev. -1982. -186p.
8. Sysoev V.M. On the static substantiation of the functional form of the Tate equation // Physics of the liquid state / V.M.Sysoev / –Kiev. 1987.-N6. - P. 1221-1225.
9. Safarov M.M. Thermophysical properties of ethers and aqueous solutions of hydrazine at different temperatures and pressures / M. M. Safarov // Dis. Doctor of Technical Sciences - Dushanbe, 1993 . - 495 p.
10. Tsiklis D.S. On the correlation of the constants of the Tate equation / D.S. Tsiklis, V.Ya. Maslenikov, V.A.Abovskiy. Dokl. Academy of Sciences of the USSR, 1977.T.233. -№5. - P. 816-820.
11. Tait P.6 Report on Jome of the Physical Properties of Water.1888.v. 47.pp.301-308.
12. Guth E.D. Пат. 3732694 (США). Method for catalytic decomposition of monopropellant hydrazine. /E.D. Guth, J.L.Blumenthal. //– Опубл. 15.05.73. 5. hhtp://www.IranNanotech.com
13. Hall J. The orogin of ultrasonic absorption in water // Phys.Rev. – 1948. – V.73, № 7. – P.775 – 781.
14. Hall E.O.Proc.Phys.Soc.London,1951.V.B64,pt 9(381B), P.747.
15. Kirk-OlmerEncyclopedie of Chemical Technology. 1 ed.,V.7. – 1951. –P.570; 2 ed., V.11.–1966.– P.164. New York, London, Sydney, Toronto, Interscience Publishers.
16. Kraussold N. //FereschungGebieteYugh.W. – 1934. – Vol.5. - № 4. –186 s. 10.Mc Millan J.A., Los S.C. // J.Chem. Phys. – 1965. –V.42, № 1. –P.160; N 3. - P.829.
17. Michels A., Botzen A. A method for the determination of thermal conductivity of gass at leilhprossurs // Physics. – 1952. – Vol.18. - P.605-612.
18. Pannetier G. Diagrammes de Solidification et masses volumiques de melangesa zotured'hydraziniumhydrazines divorcement hydrates. /G. Pannetier, F. Margineanu. // Bull.Soc.Chem.France. – 1972. – № 10. – P.3725-3728.
19. Polts H. Die Wärmeleitfäukeit von Flüssigkeiten. III. Abhändigkeit der Warmelcitfähigkeit von der SchiehtdickebeiorganischenFlüssigkeiten // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 1965/ - Bd.8. - № 4. – P.609 – 620. 269

МУОДИЛАИ ҲОЛАТИ МАМЕДОВ-АХУНДОВ–САФАРОВ БАРОИ ЭЛЕКТРОЛИТҲОИ СИСТЕМАҲОИ $H_2O + TiO_2$ ВОБАСТА БО ҲАРОРАТҲО ВА ФИШОР

Дар мақола ҷамъбасти натиҷаҳо ва хулосабарории муодилаи ҳолати намуди Мамедов-Ахундов – Сафаров барои электролитҳои системаи об ва дуоксиди титан дар ҳароратҳо ва фишорҳои гуногун овардашуда аст. Хатоии умумии ченкунии зичии моеъҳо ва маҳлулҳо ҳангоми ҳудуди эътимодноки ба 0,95 будан ба 0,1% баробар аст. Муодилаи ҳолати электролитҳо ва наномоеъҳо имконият медиҳад, ки хосиятҳои термодинамикӣ ва калорикии маводҳои тадқиқшавандаро вобаста бо ҳарорат ва фишор ҳисоб намоем. Натиҷаҳои таҳқиқоти таҷрибавии зичии наномоеъҳо (коллоидӣ) нишон доданд, ки бо зиёд шудани ҳарорат зичии электролитҳои омӯхташуда тақрибан ба таври хаттӣ кам мешавд ва бо афзоиши фишор зичии онҳо меафзояд. Танзими таҷрибавӣ (дастгоҳи Ҳусейнов К.Д.) санҷида шуд, яъне ченаки санҷишӣ гузаронида шуд. Муодилаҳои дифференсиалии дараҷаи якум ва дуюм метавонанд хосиятҳои калорикӣ, термодинамикии маводҳои омӯхташудаи системаро муайян намоем ($H_2O + TiO_2$). Яъне, фарқияти гармигунҷоиши хос (Cp-Cv), коэффисиенти васеъшавии ҳароратӣ ва коэффисиенти изотермикӣ дар ҳарорат ва фишорҳои гуногун муайян намоем.

Калидвожаҳо: муодилаи ҳолати Мамедов - Ахундов - Сафаров, наномоеъхо, об, диоксиди титан, фишор, ҳарорат.

УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ МАМЕДОВА–АХУНДОВА–САФАРОВА ЭЛЕКТРОЛИТОВ СИСТЕМЫ H_2O+TIO_2 ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ И ДАВЛЕНИЯХ.

В работе приводятся результаты обобщения и получение уравнения состояния типа Мамедова – Ахундова – Сафарова электролитов системы H_2O+TiO_2 при различных температурах и давлениях. Общая относительная погрешность измерения плотности при доверительной вероятности, $\alpha = 0{,}95$ соответственно равны 0,1%. Уравнения состояния электролитов и нано жидкостей даст возможность рассчитать калориметрические и термодинамические свойства при различных температурах и давлениях. Результаты экспериментального исследования плотности наножидкостей (коллоидных) показало, что с увеличением температуры плотность исследуемых электролитов уменьшается почти по линейному закону, а с повышением давления их плотность растет. Экспериментальная установка (установка Гусейнова К.Д), было тестирована, т.е. было проведено контрольное измерение. Дифференциальных уравнений первого и второго порядка дает возможность определить калорические и термодинамические свойства исследуемых растворов системы (H_2O+TiO_2), т.е. разность теплоемкостей (C_p-C_v), коэффициент термического расширения (α_T) и коэффициент изотермической сжимаемость(α_P) при различных температурах и давлениях.

Ключевые слова: Уравнение состояния типа Мамедова–Ахундова- Сафарова, наножид-кость, вода, диоксид титана, давление, температура.

EQUATION OF STATE (US) OF MAMEDO-AHUNDOV-SAFAROV OF ELECTROLYTES OF THE H_2O + TiO_2 SYSTEM AT DIFFERENT TEMPERATURES AND PRESSURES

The work presents the results of generalization and obtaining the Mammadov-Akhundov-Safarov type equation of state for electrolytes of the H2O+systemTiO2 at different temperatures and pressures. The total relative error of the density measurement with a confidence probability, respectively, is 0.1%. The equations of state of electrolytes and nano-liquids will make it possible to calculate the calorimetric and thermodynamic properties at different temperatures and pressures. The results of an experimental study of the density of nanofluids (colloidal) showed that with an increase in temperature, the density of the studied electrolytes decreases almost linearly, and with an increase in pressure, their density increases. The experimental installation (the installation of Huseynov K. D), was tested, i.e. a control measurement was carried out. Differential equations of the first and second order make it possible to determine the calorific and thermodynamic properties of the studied solutions of the system (H2O+TiO2), i.e. the difference in heat capacity (Cp-Cv), the coefficient of thermal expansion () and the coefficient of isothermal compressibility () at different temperatures and pressures.

Keywords: Mamedov – Akhundov – Safarov type equation of state, nanofluid, water, titanium dioxide, pressure, temperature.

Маълумот дар бораи муаллифон: ***Исмонов Фирӯз Довудович*** – ДДОТ ба номи С.Айнӣ, аспиранти кафедраи физикаи умумӣ. **Суроға**; 734003, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш.Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 121. **Тел**.: (+992) 93-868-85-15. **E-mail**: firuz@mail.ru

Маджидов Ҳамид Маджидович – ДДОТ ба номи С.Айнӣ, доктори илми тех. профессори кафедраи табиатшиносии ФМГУ. М.В. Ломоносов, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш.Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 121. **Тел**.: (+992) 93-163-15-85. **E-mail**: mahmad1@list.ru

Ғуломов Масрур Мирзохонович – ДДОТ ба номи С. Айнӣ, н.и.т. дотсенти кафедраи физикаи умумӣ. Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш.Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 121. **Тел**.: (+992) 93-320-59-61. **E-mail**: masrur.gulomov.88@mail.ru

Хубатхузин Алберт Анасович – Донишгоҳи миллии таҳқиқоти технологии Қазон, н.и.т. дотсенти кафедраи ПНТВМ. **Суроға**: Русия, Қазон. **E-mail**: al_kstu@mail.ru

Неъматов Абдукодир – ДДОТ ба номи С.Айнӣ, дотсенти кафедраи физикаи умумӣ. Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш.Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 121. **Тел**.: (+992) 93-320-59-61. **E-mail**: masrur.gulomov.88@mail.ru

Давлатов Рустам Ҷаборович – ДДОТ ба номи С.Айнӣ, ассистенти кафедраи физикаи умумӣ. Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш.Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 121. **Тел**.: 909799979. **E-mail**: rustam_gabor@mail.ru

Маҳкамова Ишкинисо Иномовна – ассистенти кафедраи физика ва телекоммуникатсияи Коллеҷи техникӣ. Суроға; 734002, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш.Душанбе. Тел.: (+992) 935 81 88 85. **E-mail**: zamir.1985@mail.ru

Сведения об авторах: ***Исмонов Фируз Довудович*** **–** ТГПУ им. С.Айни, аспирант кафедры Общей физики. **Адрес**; 734003, Республика Таджикистан, г.Душанбе, проспект Рудаки 121.Контакты: тел. (+992) 93-868-85-15,E-mail: firuz@mail.ru

Маджидов Хамид Маджидович **–** ДГПУ, доктор т.-н. наук, профессор кафедры естественных наук ФМГУ им. М.В. Ломоносова, Адрес; 734003, Республика Таджикистан, г.Душанбе, проспект Рудаки 121. Контакты: тел. (+992) 93-163-15-85, E-mail: mahmad1@list.ru

Гуломов Масрур Мирзохонович **–**ТГПУ им. С.Айни, к.т.-н. наук, и.о.доцента кафедры общей физики**Адрес**: 734003, Республика Таджикистан, г.Душанбе, проспект Рудаки, 121. **Тел**. (+992) 93-320-59-6. **E-mail**: masrur.gulomov.88@mail.ru

Хубатхузин Альберт Анасович доцент кафедры ПНТВМ Казанского национального исследовательского технологического университета, канд. техн. наук, доцент. **Адрес**: Россия, г. Казань. E-mail: al_kstu@mail.ru

Неъматов Абдукодир **– ТГПУ** им. С.Айни**,** доцент кафедры общая физики. Адрес: 734003, Республика Таджикистан, г.Душанбе, проспект Рудаки 121. Тел.: (+992) 93-320-59-61, E-mail: masrur.gulomov.88@mail.ru

Давлатов Рустам Джаборович ТГПУ им. С. Айни, ассистент кафедры общая физики. Адрес: 734003, Республика Таджикистан, г.Душанбе, проспект Рудаки, 121. **Тел**.: 909799979. **E-mail**: rustam_gabor@mail.ru

Махкамова Ишкинисо Иномовна **–** асисстент кафедры «физика и телекоммуникатция Технический колледж. **Адрес**: 734002, Республика Таджикистан, г.Душанбе. **Тел**.: (+992) 935 81 88 85. **E-mail**: zamir.1985@mail.ru

Information about authors: ***Ismonov Firuz Dovudovich*** – TSPU named after S. Aini, tgraduate student of the Department of General Physics. Address: 734003, The Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki av.,121. **Tel**.: (+992) 93-868-85-15. **E-mail**: firuz@mail.ru

Majhidov Hamid Madzhidovich – TSPU named after S. Aini, doctor of technical sciences. Professor of the Department of Natural Sciences of FMGU named after M.V. Lomonosov. **Address**: 734003, The Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki av., 121. **Tel**.: (+992) 93-163-15-85. **E-mail**: mahmad1@list.ru
Gulomov Masrur Mirzokhonovich – TSPU named after S. Aini, Ph.D. Sciences, Acting Associate Professor of the Department of General Physics. **Address**: 734003, The Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki av., 121. **Tel**.: (+992) 93-320-59-61. **E-mail**: masrur.gulomov.88@mail.ru
Khubatkhuzin Albert Anasovich – Kazan National Research Technological University, Associate Professor of the Department of PNTVM, Cand. of tech. Sciences, Associate Professor. **Address**: Russia, Kazan. **E-mail**: al_kstu@mail.ru
Nematov Abdukodir – TSPU named after S. Aini, Associate Professor of the Department of General Physics. **Address**: 734003, The Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki av.,121. **Tel**.: (+992) 93-320-59-61. **E-mail:** masrur.gulomov.88@mail.ru
Davlatov Rustam Jaborovich – TSPU named after S. Aini, Assistant of the Department of General Physics. **Address**: 734003, The Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki ave, 121. **Tel**.: 909799979. **E-mail:** rustam_gabor@mail.ru
Makhkamova Ishkiniso Inomovna – Assistant of the Department of Physics and Telecommunications, Technical College. **Address**: 734002, Republic of Tajikistan, Dushanbe. **Tel**.: (+992) 935 81 88 85. **E- mail**: zamir.1985@mail.ru

УДК: 534.16; 539.1.043

К ТЕОРИИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ МЕТАЛЛОВ В ПОЛЕ ГАУССОВОГО ПУЧКА ИОНОВ

Салихов Т.Х., Исматов Т.Н.
Научно-исследовательский институт Таджикского национального университета

В работе [1, с.115] нами были изучены особенности формирования нестационарного поля температуры (ТП)на поверхности металлической пластинки при её облучении непрерывным потоком сильноточных ионов, а в работе [2, с.555] этот же вопрос был рассмотрендля«радикальной» модели взаимодействия пучка ионов [3, с.107] с металлическими пластинками. Однако указанная модель справедлива лишь для ограниченного числа металлов (Au, Ag, Cu, …).В этой связи возникает необходимость обобщения этих результатов дляустранения указанного недостатка. Целью настоящей работы является теоретическое исследование формированиянестационарного температурного поля в металлах, когдавременное распределение падающего на металлпучка ионов имеет гауссову форму. Как и в работах [4, с.120; 5, с.776], вначале пренебрегаем величиной решёточной теплопроводности(κ_i), что очень мала по сравнению с теплопроводностью электронного газа(κ_e). Тогда из модели теплового пика [6, с.235] получим следующую взаимосвязанную системууравнений для температур решётки$T_i(r,z,t)$ иэлектронного газа $T_e(r,z,t)$ в среде:

$$C_e\frac{\partial T_e'}{\partial t}=\kappa_e\left(\frac{1}{r}\frac{\partial T_e'}{\partial r}+\frac{\partial^2 T_e'}{\partial r^2}+\frac{\partial^2 T_e'}{\partial z^2}\right)-g(T_e'-T_i')+A_e(r,t) \tag{1}$$

$$C_i\frac{\partial T_i'}{\partial t}=g(T_e'-T_i') \tag{2}$$

где C_e, C_i-теплоемкости электронного газа и решетки, соответственно; g-коэффициент передачи тепла от электронного газа решетке, $A_e(r,t)=bS_e e^{-(t-t_0)^2/(2t_0^2)}e^{-r/r_0}$-объемная плотность вносимой ионом мощности в электронную подсистему[7, с.6737; 8, с.1295; 9, с.476], b-нормировочная константа, S_e-профиль ионизационных потерь иона, t_0-среднее время пролетадельта-электронов, r_0-пространственная ширина высоковозбужденных областей.

Для решения уравнения (1)-(2) воспользуемся интегральными преобразованиями Лапласа по *t* и Ханкеля по*r*:

$$\hat{T}_e(p,s,z)=\int_0^\infty\left\{\int_0^\infty T_e'(t,r,z)J_0(r,s)rdr\right\}e^{-pt}dt,$$

где J_0- функция Бесселя. Тогда с учётом начального условия $T'(0)=0$ из (1) будем иметь следующую систему уравнений:

$$\begin{cases}C_e p\hat{T}_e'=\kappa_e\left(-s^2\hat{T}_e'+\dfrac{\partial^2\hat{T}_e'}{\partial z^2}\right)-g(\hat{T}_e'-\hat{T}_i')+bS_e\hat{f}(p)\tilde{F}(s)\\ C_i p\hat{T}_i'=g(\hat{T}_e'-\hat{T}_i')\end{cases},$$

где

$$\tilde{F}(s)=\int_0^\infty e^{-r/r_0}J_0(rs)rdr=r_0^2\left(1+r_0^2s^2\right)^{-3/2},$$

$$\hat{f}(p)=\int_0^{\infty}e^{-(t-t_0)^2/(2t_0^2)}e^{-pt}dt=t_0\sqrt{\frac{\pi}{2}}\left[1-\Phi\left(\frac{pt_0-1}{\sqrt{2}}\right)\right]e^{[(pt_0-1)^2-1]/2}.$$

Здесь $\Phi(x)$-функция ошибок ($\Phi(x)=erf(x)$) [10, с.336].

Поскольку $\hat{T}_e'\approx 100\hat{T}_i'$,то следуяработам Анисимова [4, с.120], предположим что $g(\hat{T}_e'-\hat{T}_i')\approx g\hat{T}_e'$. Тогда получим следующие уравнения

$$\frac{\partial^2\hat{T}_e'}{\partial z^2}-q^2\hat{T}_e'=-\frac{bS_e}{\kappa_e}\hat{f}(p)\tilde{F}(s) \tag{3}$$

и

$$\hat{T}_i'=\frac{g}{C_i}\frac{1}{p}\hat{T}_e', \tag{4}$$

где $q^2=(\kappa_e s^2+g+C_e p)\kappa_e^{-1}$.

Для решения уравнения (3) примем необходимые два граничных условий в следующем виде:

$$\kappa_e\frac{\partial T_e'}{\partial z}\bigg|_{z=0}=[hT_e'+\sigma A(T_e{}^4-T_0^4)]\Big|_{z=0},\ -\kappa_e\frac{\partial T_e'}{\partial z}\bigg|_{z=L}=[hT_e'+\sigma A(T_e{}^4-T_0^4)]\Big|_{z=L}. \tag{5}$$

где h-коэффициент теплоотдачи, σ-постоянная Стефана-Больцмана, A-степень черноты образца.

Решение уравнения (3), полученное методом вариации постоянных, принимает следующий вид

$$\hat{T}_e'(s,z,p)=c_1e^{qz}+c_2e^{-qz}+\frac{1}{q^2}\frac{bS_e}{\kappa_e}\hat{f}(p)\tilde{F}(s).$$

Для нахождения постоянных c_1 и c_2 воспользуемся линеаризованным граничным условием (5). Тогда получим

$$\hat{T}_e'(s,z,p)=\{\frac{1}{q^2}-\frac{\alpha}{2\kappa_e}\frac{\left[\left(\frac{\kappa_e q}{\alpha}-1\right)e^{-qL}+\frac{\kappa_e q}{\alpha}+1\right]e^{qz}+\left[\left(\frac{\kappa_e q}{\alpha}+1\right)e^{qL}+\frac{\kappa_e q}{\alpha}-1\right]e^{-qz}}{q^3\left[(\frac{\kappa_e q}{\alpha}+\frac{\alpha}{\kappa_e q})sh(qL)+2ch(qL)\right]}\}\frac{bS_e}{\kappa_e}\hat{f}(p)\tilde{F}(s), \tag{6}$$

где $\alpha=h+4\sigma AT_0^3$.

Очевидно, что для получения искомого выражения для $T_e(r,z,t)$ необходимо выполнить обратные преобразования Лапласа по t и Ханкеля по r от выражения (6):

$$T_e'(r,z,t)=\int_0^{\infty}J_0(rs)\left\{\frac{1}{2\pi i}\int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty}\hat{T}_e'(s,z,p)e^{pt}dp\right\}sds. \tag{7}$$

Подставляя выражение (6) в (7), получим

$$T_e'(r,z,t)=T_{e0}'(r,t)+T_{e1}'(r,z,t)+T_{e2}'(r,z,t),$$

где

$$T_{e0}'(r,t)=\frac{bS_e r_0^2}{\kappa_e}\int_0^{\infty}\frac{J_0(rs)}{\left(1+r_0^2s^2\right)^{3/2}}\left\{\frac{1}{2\pi i}\int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty}\frac{1}{q^2}\hat{f}(p)e^{pt}dp\right\}sds, \tag{8}$$

$$T_{e1}'(r,z,t)=-\frac{bS_e r_0^2\alpha}{2\kappa_e^2}\int_0^{\infty}\frac{J_0(rs)}{\left(1+r_0^2s^2\right)^{3/2}}\{\frac{1}{2\pi i}\int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty}\frac{\left[\left(\frac{\kappa_e q}{\alpha}-1\right)e^{-qL}+\frac{\kappa_e q}{\alpha}+1\right]e^{qz}}{q^3[(\frac{\kappa_e q}{\alpha}+\frac{\alpha}{\kappa_e q})sh(qL)+2ch(qL)]}\hat{f}(p)e^{pt}dp\}sds, \tag{9}$$

$$T'_{e2}(r,z,t)=-\frac{bS_e r_0^2\alpha}{2\kappa_e^2}\int_0^{\infty}\frac{J_0(rs)}{\left(1+r_0^2s^2\right)^{3/2}}\{\frac{1}{2\pi i}\int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty}\frac{\left[\left(\frac{\kappa_e q}{\alpha}+1\right)e^{qL}+\frac{\kappa_e q}{\alpha}-1\right]e^{-qz}}{q^3[(\frac{\kappa_e q}{\alpha}+\frac{\alpha}{\kappa_e q})sh(qL)+2ch(qL)]}\hat{f}(p)e^{pt}dp\}sds\,.(10)$$

Выполняя вычисление внутреннего интеграла в выражении (8), будем иметь

$$T'_{e0}(r,t)=\frac{bS_e r_0^2 t_0}{C_e}\sqrt{\frac{\pi}{2}}\int_0^{\infty}\frac{J_0(rs)}{\left(1+r_0^2s^2\right)^{3/2}}\left(1+\Phi\left(\frac{p_0t_0+1}{\sqrt{2}}\right)\right)\exp\left[\frac{(p_0t_0+1)^2-1}{2}-p_0t\right]sds\,,\quad(11)$$

где $p_0=(\kappa_e s^2+g)C_e^{-1}$.

Далее, для выполнения интегрирования выражений (9) и (10) по dp введем переменную интегрирования $p_1=(\kappa_e s^2+g)C_e^{-1}+p$, $\chi_e=\kappa_e/C_e$ и воспользуемся теоремой свертки, для чего представим эти выражения в виде

$$\frac{1}{2\pi i}\int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty}e^{p_1t}f_1(p_1)f_2(p_1)dp_1\,,$$

где

$f_1(p_1)=\frac{1}{\sqrt{p_1/\chi_e}}e^{-\sqrt{p_1/\chi_e}(L-z)}$ для $T'_{e1}(r,z,t)$ и $f_1(p_1)=\frac{1}{\sqrt{p_1/\chi_e}}e^{-\sqrt{p_1/\chi_e}\,z}$ для $T'_{e2}(r,z,t)$,

а $f_2(p_1)$ - оставшаяся часть сомножителей. Затем используем теорему о свертке функции в виде $\int_0^t F_1(\tau)F_2(t-\tau)d\tau\Leftrightarrow f_1(p)f_2(p)$ [11, с.57].

Нетрудно заметить, что функции (9)-(10)имеют полюса при $q=0$ и $\left(\frac{\kappa_e q}{\alpha}+\frac{\alpha}{\kappa_e q}\right)sh(qL)+2ch(qL)=0$.

Пусть $qL=i\lambda$, тогда используя обозначение $\mu=\kappa_e(\alpha L)^{-1}$, этоуравнение можно написать в виде

$$ctg(\lambda)=\frac{1}{2}\left(\mu\lambda-\frac{1}{\mu\lambda}\right),$$

которое имеет набор простых корней $\pm\lambda_1,\pm\lambda_2,...$ или $q_n=i\lambda_n/L$, а из определения $q_n=\sqrt{(\kappa_e s^2+g+C_e p_n)\kappa_e^{-1}}$ получим $p_n=-[\kappa_e(s^2+\lambda_n^2/L^2)+g]C_e^{-1}$ и $p_{1n}=-\chi_e\lambda_n^2/L^2$.

Тогда выражения (9) и (10) принимают следующий вид:

$$T'_{e1}(r,z,t)=-\frac{bS_e r_0^2\alpha}{2\kappa_e^2}\sqrt{\frac{\chi_e}{\pi}}\int_0^{\infty}\frac{J_0(rs)}{\left(1+r_0^2s^2\right)^{3/2}}(\int_0^t\gamma(s,t-\tau)\frac{e^{-(L-z)^2/(4\chi_e\tau)}}{\sqrt{\tau}}d\tau)sds\,,$$

$$T'_{e2}(r,z,t)=-\frac{bS_e r_0^2\alpha}{2\kappa_e^2}\sqrt{\frac{\chi_e}{\pi}}\int_0^{\infty}\frac{J_0(rs)}{\left(1+r_0^2s^2\right)^{3/2}}(\int_0^t\gamma(s,t-\tau)\frac{e^{-z^2/(4\chi_e\tau)}}{\sqrt{\tau}}d\tau)sds\,,$$

где

$$\gamma(s,t-\tau)=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{[(\frac{\kappa_e\sqrt{p_{1n}/\chi_e}}{\alpha}+1)e^{\sqrt{p_{1n}/\chi_e}L}+\frac{\kappa_e\sqrt{p_{1n}/\chi_e}}{\alpha}-1]\hat{f}(p_{1n}-p_0)e^{p_{1n}(t-\tau)}}{\frac{p_{1n}}{\chi_e}\left[\frac{d}{dp_1}\left(\left(\frac{\kappa_e\sqrt{p_1/\chi_e}}{\alpha}+\frac{\alpha}{\kappa_e\sqrt{p_1/\chi_e}}\right)sh\left(\sqrt{p_1/\chi_e}L\right)+2ch\left(\sqrt{p_1/\chi_e}L\right)\right)\right]_{p_1=p_{1n}}}.$$

Выполняянеобходимые вычисления, длявеличины $T'_e(r,z,t)$ получим выражение

$$T_e'(r,z,t)=bS_et_0r_0^2\sqrt{\frac{\pi}{2}}\int_0^\infty\frac{J_0(rs)}{\left(1+r_0^2s^2\right)^{3/2}}\left[\frac{\tilde{\gamma}_0}{C_e}+\frac{C_e}{L}\sqrt{\frac{\chi_e}{\pi}}\int_0^t\tilde{\gamma}_1\frac{e^{-(L-z)^2/(4\chi_e\tau)}+e^{-z^2/(4\chi_e\tau)}}{\sqrt{\tau}}d\tau\right]sds \qquad (12)$$

где

$$\tilde{\gamma}_0=\left(1+\Phi\left(\frac{p_0t_0+1}{\sqrt{2}}\right)\right)\exp\left[\frac{(p_0t_0+1)^2-1}{2}-p_0t\right],\ p_0=(\kappa_es^2+g)C_e^{-1},$$

$$\tilde{\gamma}_1=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\lambda_n[(i\mu\lambda_n+1)e^{i\lambda_n}+i\mu\lambda_n-1]\left[1-\Phi\left(\frac{p_nt_0-1}{\sqrt{2}}\right)\right]\exp\left[\frac{(p_nt_0+1)^2-1}{2}-\frac{\chi_e\lambda_n^2}{L^2}(t-\tau)\right]}{(\mu^2\lambda_n^2+2\mu\lambda_n^2+1)\sin(\lambda_n)+\lambda_n(\mu^2\lambda_n^2-1)\cos(\lambda_n)}.$$

Теперь найдем $T_i'(r,z,t)$. Используя уравнение (4) и выражение (6), получим

$$T_i(r,z,t)=\int_0^\infty J_0(rs)\left\{\frac{1}{2\pi i}\int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty}\hat{T}_i(s,z,p)e^{pt}dp\right\}sds, \qquad (13)$$

где

$$\hat{T}_i(s,z,p)=\{\frac{1}{q^2}-\frac{\alpha}{2\kappa_e}\frac{\left[\left(\frac{\kappa_eq}{\alpha}-1\right)e^{-qL}+\frac{\kappa_eq}{\alpha}+1\right]e^{qz}+\left[\left(\frac{\kappa_eq}{\alpha}+1\right)e^{qL}+\frac{\kappa_eq}{\alpha}-1\right]e^{-qz}}{q^3\left[\left(\frac{\kappa_eq}{\alpha}+\frac{\alpha}{\kappa_eq}\right)sh(qL)+2ch(qL)\right]}\}\frac{bgS_e}{C_i\kappa_e}\frac{\hat{f}(p)}{p}\tilde{F}(s).$$

После выполнения обратного преобразования Лапласа по t от выражения (13), как мы использовали для нахождения $T_e'(r,z,t)$, получим

$$T_i'(r,z,t)=\frac{bgS_et_0r_0^2}{C_i\kappa_e}\sqrt{\frac{\pi}{2}}\int_0^\infty\frac{J_0(rs)}{\left(1+r_0^2s^2\right)^{3/2}}\left[\frac{\kappa_e\tilde{\gamma}_2}{C_ep_0}-\frac{\alpha}{2\kappa_e}\sqrt{\frac{\chi_e}{\pi}}\int_0^t\left(\tilde{\gamma}_3+\frac{2\mu\chi_e\tilde{\gamma}_1}{p_0-p_{1n}}\right)\frac{e^{\frac{-(L-z)^2}{4\chi_e\tau}}+e^{\frac{-z^2}{4\chi_e\tau}}}{\sqrt{\tau}}d\tau\right]sds, \qquad (14)$$

где

$$\tilde{\gamma}_2=\left(1+\Phi\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)\right)e-\left(1+\Phi\left(\frac{(p_0t_0+1)}{\sqrt{2}}\right)\right)\exp\left[\frac{(p_0t_0+1)^2-1}{2}-p_0t\right],\ q_0=\sqrt{p_0/\chi_e},$$

$$\tilde{\gamma}_3=\frac{1}{q_0^2}\frac{\left(\left(\frac{\kappa_eq_0}{\alpha}+1\right)e^{q_0L}+\frac{\kappa_eq_0}{\alpha}-1\right)\left[1+\Phi\left(\frac{p_0t_0+1}{\sqrt{2}}\right)\right]\exp\left[\frac{(p_0t_0+1)^2-1}{2}-p_0(t-\tau)\right]}{\left(\frac{\kappa_eq_0}{\alpha}+\frac{\alpha}{\kappa_eq_0}\right)sh(q_0L)+2ch(q_0L)}.$$

Выражения (12) и (14) являются искомыми, и реальная часть этих выражений описывают особенности пространственно-временного распределения поля температуры в металлических пластинках, когда облучение осуществляется гауссовым пучком ионов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Салихов Т.Х. Нестационарное температурное поле поверхности металлов при непрерывном облучении сильноточными ионами / Т.Х. Салихов, Т.Н. Исматов // Вестник ТНУ.-Душанбе: Сино, -2019. -№1. -С.113-116.
2. Салихов Т.Х. Температурное поле металлов в поле гауссового импульсапучкаионов по "радикальной" модели взаимодействия / Т.Х,Салихов, Т.Н. Исматов// ДАН РТ. -2019. -т.62-№ 9-10. -С.555-560.
3. Oane M. Two temperature model for metals: A new “radical” approach. / M. Oane,M.Taca, S.L.Tsao// Lasers in Eng. -2012.-V.24. -№1-2, -Pp.105-113.
4. Анисимов С.И. Действие излучения большой мощности на металлы. / С.И. Анисимов, Я.А. Имас, Г.С. Романов, Ю.В. Ходыко // М.: Наука, -1970. -272 с.
5. Анисимов С.И. Электронная эмиссия с поверхности металлов под действием ультракоротких лазерных импульсов. / С.И. Анисимов, Б.Л. Капелович, Т.Л. Перельман// ЖЭТФ. -1974.-т.66.-№ 2. -С.776-781.
6. Каганов М.И. Релаксация между электронами и решеткой / М.И. Каганов, И.М. Лифшиц, Л.В. Танатаров // ЖЭТФ. -1956. -т.31. -№ 2. - С.232-237.
7. Wang Z.G. The Se sensitivity of metals under swift-heavy-ion irradiation: a transient thermal process / Z.G. Wang, C. Dufour, et al // J. Phys.: Condens. Matter. - 1994. - V.6. - Pp.6733-6750.
8. Комаров Ф.Ф. Дефектообразование и трекообразование в твердых телах при облучении ионами сверхвысоких энергий / Ф.Ф. Комаров // УФН. -2003. -т.173. - №.12. - С.1287-1318.

9. Комаров Ф.Ф. Нано-и микроструктурирование твердых тел быстрыми тяжёлыми ионами / Ф.Ф. Комаров // УФН. – 2017. - т.187. -№.5. - С.465-504.
10. Градштейн И.С. Таблицы интегралов, рядов и произведений. / И.С. Градштейн, И.М. Рыжик // 7-е изд., Пер. с англ., БХВ-Петербург. - 2011. - 1232 с.
11. Карслоу Г. Теплопроводность твердых тел, Пер. с англ.(2-е изд.), / Г. Карслоу, Д. Егер // М.: Наука. – 1964. - 488 с.

REFERENCES LITERATURE

1. Salikhov T.Kh. Non-stationary temperature field of the surface of metals under continuous irradiation with high-current ions / T.Kh. Salikhov, T.N. Ismatov // Bulletin of TNU. – Dushanbe: Sino, - 2019. -№1. – P.113-116.
2. Salikhov T.Kh. Temperature field of metals in the field of Gaussian momentum of ion beams according to the "radical" interaction model / T.Kh, Salikhov, T.N. Ismatov // DAN RT. -2019. - t.62-№ 9-10. – P.555-560.
3. Oane M. Two temperature model for metals: A new “radical” approach. / M. Oane, M. Taca, S. L. Tsao // Lasers in Eng. -2012. – V.24. – No. 1-2, - Pp.105-113.
4. Anisimov S.I. Effect of high-power radiation on metals. / S.I. Anisimov, Ya.A. Imas, G.S. Romanov, Yu.V. Khodyko // M .: Science, - 1970. – 272 p.
5. Anisimov S.I. Electron emission from the surface of metals under the action of ultrashort laser pulses. / S.I. Anisimov, B.L. Kapelovich, T.L. Perelman // ZhETF. -1974.-t.66.-No. 2. -C.776-781.
6. Kaganov M.I. Relaxation between electrons and lattice / M.I. Kaganov, I.M. Lifshits, L.V. Tanatarov // ZhETF. - 1956. - t.31. – No 2. – P .232-237.
7. Wang Z.G. The Se sensitivity of metals under swift-heavy-ion irradiation: a transient thermal process / Z.G. Wang, C. Dufour, et al // J. Phys .: Condens. Matter. – 1994. – V.6. – pp. 6733-6750.
8. Komarov F.F. Defect formation and track formation in solids under irradiation with ultrahigh-energy ions / F.F. Komarov // Phys. -2003. -t. 173. -No.12. -P.1287-1318.
9. Komarov F.F. Nano and microstructuring of solids by fast heavy ions / F.F. Komarov // Phys. – 2017. -t. 187. – No.5. – P.465-504.
10. Gradshtein I.S. Tables of integrals, series and products. / I.S. Gradshtein, I.M. Ryzhik // 7th ed., Per. from English, BHV-Petersburg. – 2 011. – 1232 p.
11. Carslow G. Thermal conductivity of solids, Per. from English (2nd ed.), / G. Carslow, D. Jaeger // M .: Nauka. – 1964. – 488 p.

ОИДИ НАЗАРИЯИ ТАШАККУЛИ МАЙДОНИ ҲАРОРАТИИ МЕТАЛҲО ДАР СОҲАИ МАЙДОНИ ДАСТАИ ГАУСИИ ИОНҲО

Дар асоси системаи муодилаҳои ба ҳамалоқаманди гармигузаронӣ барои ҳароратҳои $T_i(r,z,t)$-панҷара ва $T_e(r,z,t)$-гази электронӣ, хусусиятҳои ташаккули майдони ҳароратии ғайристатсионарӣ дар пластинкаҳои металлӣ дар майдони дастаи гауссии ионҳо ба таври назариявӣ омӯхта шудаанд. Ба назар гирифта шудааст, ки гармигузаронии гази электронӣ ду дарача аз гармигузаронии панҷара калон аст. Барои ҳосил намудани ҳалли муодилаҳо аз гузариши интегралии Лаплас доир ба вақт ва Ҳанкел доир ба радиус истифода карда шуд. Шартҳои канории зарурӣ барои ҳалли муодилаи дифференсиалии $T_e(r,z,t)$ оварда шудааст. Намуди ошкори ҳал дар тасвири Лаплас ёфта шуда ва пас аз ичрои шаклдигаркунии бараксифодаҳои зарурӣ ёфта шудааст, ки хусусиятҳои фазогию вақтии майдони ҳароратиро тасвир менамояд.

Калидвожаҳо: метал, ион,сели ионҳо, модели қуллаи термикӣ.

К ТЕОРИИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ МЕТАЛЛОВ В ПОЛЕ ГАУССОВОГО ПУЧКА ИОНОВ

Исходя из системы взаимосвязанных уравнений теплопроводности для температур решетки $T_i(r,z,t)$и электронного газа$T_e(r,z,t)$, теоретически исследованы особенности формирования нестационарного температурного поля в металлических пластинках в поле гауссового пучка ионов. Принято во внимание то, что теплопроводность электронного газа на два порядка превышает теплопроводность решетки. Для решения задачи использованы интегральные преобразования Лапласа по времени и Ханкеля по радиусу. Сформулирован набор граничных условий, необходимых для решения дифференциального уравнения $T_e(r,z,t)$. Найден явный вид Лаплас - образа искомых выражения, а затем выполняя обратное преобразования получении искомых вид выражения, которые описывают особенности формирования поле температуры в реальном масштабе времени и пространство.

Ключевые слова: металл, ион, поток ионов, модель термического пика.

TO THE THEORY OF FORMATION OF THE TEMPERATURE FIELD OF METALS IN THE FIELD OF A GAUSSIAN ION BEAM

Based on a system of interconnected heat equations for the temperatures of thelattice $T_i(r,z,t)$and theelectron gas$T_e(r,z,t)$, the features of the formation of an unsteady temperature field in metal plates in the field of a Gaussian ion beam are theoretically studied. It is taken into account that the magnitude of thermal conductivity of an electron gas is in two orders higher than the thermal conductivity of the lattice. For the solution, the integral Laplace transform for time and Hankel transform for radius are used. A set of boundary conditions is formulated, which is necessary for solving the differential equation $T_e(r,z,t)$. An explicit form of the Laplace image of the desired expression was found and then performing the inverse transform, the desired type of expression was obtained, which describes the features of the formation of the temperature field in real time and space.

Keywords: metal, ion, ion beam, thermal spike model.

Маълумот дар бораи муаллифон*: Салихов Тагоймурод Ҳаитович* – Институти илмӣ-таҳқиқотии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, доктори илмҳои физикава ва математика, профессор, сарходими илмии шуъбаи «Физикаи муҳити коденсионӣ». **Суроға**: 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш.Душанбе, хиё. Рӯдакӣ, 17. **Тел**.: 919-24-83-11. **E-mail**: tsalikhov@mail.ru

Исматов Толиб Набиджонович – Институти илмӣ-таҳқиқотии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, ходими илмии «Физикаи муҳити коденсионӣ». **Суроға**: 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. **Тел**.: 987-56-56-87. **E-mail**: tolibismatov@mail.ru

Сведения об авторах: ***Салихов Тагаймурод Хаитович*** – Научно-исследовательского института Таджикского национального университета, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела «Физики конденсированного состояния». **Адрес**: 734025, Республика Таджикистан, г.Душанбе, ул Рудаки, 17. **Тел**.: 919-24-83-11. **E-mail**: tsalikhov@mail.ru
Исматов Толиб Набиджонович – Научно-исследовательского института Таджикского национального университета, научный сотрудник отдела «Физики конденсированного состояния». **Адрес**: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул Рудаки, 17. **Тел**.: 987-56-56-87. **E-mail**: tolibismatov@mail.ru

Information about authors*: Salikhov Tagaymurod Khaitovich* – Research and Science Institute of the National University ofTajikistan, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Chief Researcher of the Department of the Condensed MatterPhysics (CMP). **Address**: 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki ave., 17. **Ph**.: 919-24-83-11. **E-mail**: tsalikhov@mail.ru
Ismatov Tolib Nabijonovich – Research and Science Institute of the National University of Tajikistan, Researcher of the Department of CMP. **Address**: 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue 17. **Ph**.: 987-56-56-87. **E-mail**: tolibismatov@mail.ru

УДК 621. 317.049.

ПРОЦЕССЫ ЗАЩЁЛКИВАНИЯ В ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМАХ

Гадоев С.М.
Таджикский национальный университет

Условия для возникновения и развития процессов защёлкивания появляются при работе ИМС в полях мощных электромагнитных помех, воздействии ЭМИ, переходных бросках напряжения на сигнальных линиях, а также при включении питания ИМС.

Критическим параметром защелкивания из-за эффекта dU/dt является минимальная скорость изменения напряжения на структуре, при которой возникает активизация $К_{пор}$.

По результатам исследования тестовых схем ее характерные величины составляют единицы вольт на 1 мкс.

Защелкивание вследствие протекания тока лавинного умножения при пробое *p-n*-перехода происходит в случае превышения напряжением питания величины (U вкл.).

Лавинный пробой не является характерным механизмом защелкивания для большинства современных ИМС в нормальных условиях эксплуатации, так как их типовые пробивные напряжения обычно более чем вдвое превосходят напряжения питания [1].

Защелкивание КМДП ИМС с защитными диодами на входах и выходах, например серий ММ54С/74С, часто появляются тогда, когда входные или выходные напряжения становятся выше напряжения питания или ниже того, что на общей шине.

При этом защитные диоды смещаются в прямом направлении и инжектируют носители в структуру, что вызывает защелкивание.

Одним из важных дестабилизирующих факторов, приводящих к защелкиванию, является тепловое воздействие.

Происходит оно при высокой температуре (520-570 К) и обусловлено протеканием токов термогенерации [2] или теплового пробоя *p-n*-переходов. Так, например, при нагревании ИМС CD4012 до 540К значительно возрастает ток в цепи питания из-за утечек переходов карман-подложка.

При увеличении температуры с 348 до 538 К этот ток увеличивался с $3{,}5x10^{-11}$ до $44x10^{-6}$ А, ток входной защитной схемы – с $9{,}6x10^{-11}$ до 19,2 $x11^{-6}$ А, переходов сток *p* - канального транзистора подложка - с $3{,}5x10^{11}$ до $8.1x10^{-6}$ А [3,4].

Помимо самостоятельного значения, влияние температуры существенно при рассмотрении радиационного и электрического защелкивания [3].

Зависимость параметров защёлкивания от температуры отмечена и в КМДП-схемах. Исследование защёлкивания ИМС CD3600, CD4010, CD4070, CD4002, CD4071, CD4007, CD4066 и CD4081 в диапазоне температур от 77 до 300 К [5] показало увеличение удерживающего тока в 2-4 раза (рис.1). Аналогично влияние температуры на другие параметры защёлкивания (рис. 2) [5-6].

Из вышеизложенных данных видно, что эффекты защелкивания наблюдаются не только при облучении полупроводниковых приборов за счет создаваемых ионизационных токов и вследствии уменьшения напряжения питания, но и температурного воздействия.

Результаты исследований температурного фактора на проявления эффек-та защелкивания при постоянстве напряжения питания в пределах 5-10 В и изменении температуры опыта в пределах 423-523К для полупроводниковых приборов серии 1526 и 564 приведены в таблице 1.

Из этой таблицы видно, что различные серии ИМС также характеризуются пороговыми или предельными температурами, выше которых происходят эффекты защелкивания .

Таб. 1. Пороговые температуры защелкивания ИМС
Tab. 1. IC latching threshold temperatures

Серии ИМС	Пороговая температура, Т, К	Наличие защелкивания
1526 ЛЕ 5	473	нет
1526 ЛН 3	503	нет
1526 ЛП 2	483	нет
1526 ИП 2	483	нет
1526 ТМ 3	493	нет
564 ИР 2	323	защ.
564 ЛН 1	323	защ.
1526 ТР 2	473	нет
1526 ИЕ10	473	нет
1526 ЛС 2	473	нет
1526 ПУ 4	483	нет

Анализ имеющихся данных показывает, что при низких температурах стойкость ИМС к защелкиванию существенно повышается и большинство ИМС практически свободны от этого эффекта уже при 373 К [5].

Наиболее вероятной причиной температурной зависимости параметров защелкивания является уменьшение напряжения отпирания *p*-*n*-переходов и увеличение сопротивлений внутренних областей структур с ростом температуры .

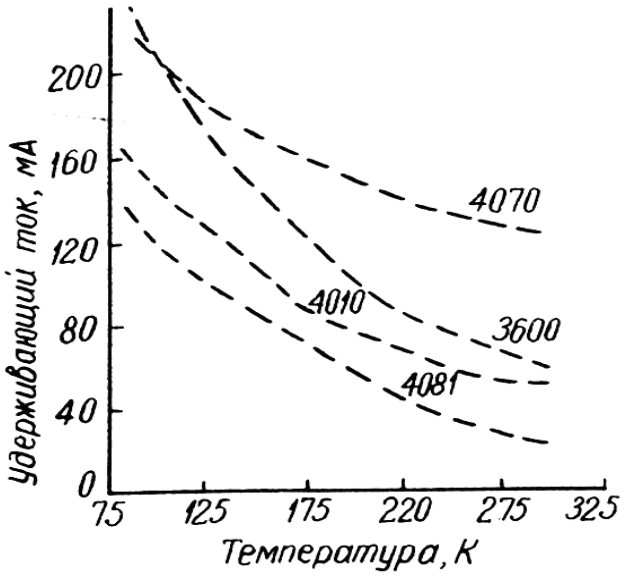


Рис. 1. Зависимость удерживающего тока КМДП ИМС серии CD4000 от температуры
Fig.: 1. Dependence of the holding current KMDP IMS series CD4000 from temperature

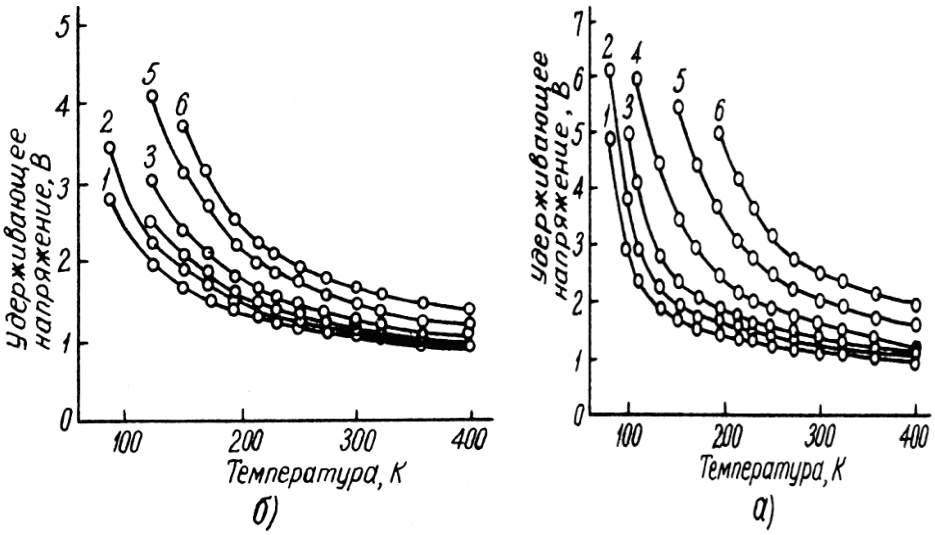


Рис.2. Зависимость удерживающего напряжения от температуры для n-эпи- (а) и p-эпи- (б) технологий при расстоянии между анодом и катодом структуры 5 мкм (кривая1), 7 (кривая 2), 9 (кривая 3), 11 (кривая 4), 13 (кривая 5) и 15 мкм (кривая 6)

Fig. 2. Dependence of the holding voltage on temperature for n-epi- (a) and p-epi- (b) technologies at a distance between the anode and cathode of the structure of 5 μm (curve 1), 7 (curve 2), 9 (curve 3), 11 (curve 4), 13 (curve 5) and 15 μm (curve 6)

ЛИТЕРАТУРА

1. Гадоев, С.М. Эффект защёлкивания в ИС КМОП в температурном диапазоне/С.М.Гадоев, К.М.Мукашев**.** Вестник Казахский национальный университет имени Абая. – 2009. – №2 (26). – С.72-75.
2. Dressendorfer, P.V. A seem technique for Experimentally locating latch-up path sin integrated circuits/P.V.Dressendorfer, M.G. Armandariz. IEEE Trans. – 1980. – V. NS-27. – No.6. – Pp. 1688-1692.
3. Гадоев, С.М. Зависимость электрофизических параметров эффекта защёлкивания от температуры в интегральных микросхемах/ С.М. Гадоев. Fundamental and applied science. – Уфа. – 2016. – №7. – С.20-24.
4. Гадоев, С.М. Температурная зависимость параметров физического уровня паразитных 4-слойных структур КМДП ИМС/С.М. Гадоев. Материалы межд. конф. по физике конденсированного состояния и экологических систем. ФТИ им. Умарова АН РТ. – Душанбе, 2002. – С.59-61.
5. Гадоев, С.М. Разработки модели защёлкивания, адекватной при широком диапазоне температур / С.М. Гадоев // Наука и новые технологии. – – Бишкек. – 2007. – №1. – С.19-23.
6. Johnson A.H., Baze M.P. Mechanisms for the latch-up window effects in integrated circuits/ A.H.Johnson, M.P.Baze. IEEE Trans. – 1985. – V.NS-32. – No.6. – P. 4295-4297.
7. Гадоев, С.М. Воздействие ИИ на работу микроэлектронных схем и их компонентов / С.М. Гадоев**.** Вестник ТГНУ. – 2000. -№4. – С.38-41.
8. Гадоев, С.М**.** Изучение переходных ионизационных эффектов в ИМС / С.М**.** Гадоев // Вестник ТГНУ. – 2001. -№5. - С.44-46.
9. Гадоев, С.М. Разработки модели защёлкивания, адекватной при широком диапазоне температур / С.М. Гадоев. Наука и новые технологии. –Бишкек, 2007. -№1. – С.19-23.
10. Гадоев С.М. Паразитные эффекты в КМДП ИМС при широком диапазоне температур/ С.М. Гадоев. Акт о внедрении работы. М.: НИИТТ. 1993. - С.1.

REFERENCES LITERATURE

1. Gadoev, S.M. Snap effect in CMOS IC in temperature range / S.M. Gadoev, K.M. Mukashev. Bulletin Kazakh National University named after Abai. - 2009. - No. 2 (26). - P.72-75.
2. Dressendorfer, P.V. A seem technique for Experimentally locating latch-up path sin integrated circuits / P.V. Dressendorfer, M.G. Armandariz. IEEE Trans. - 1980. - V. NS-27. - No.6. - P. 1688-1692.
3. Gadoev, S.M. Dependence of the electrophysical parameters of the snap effect on temperature in integrated circuits / S.M. Gadoev. Fundamental and applied science. - Ufa. - 2016. - No. 7. - P.20-24.
4. Gadoev, S.M. Temperature dependence of the parameters of the physical level of parasitic 4-layer structures KMDP IMS / S.M. Gadoev. Materials int. conf. on physics of condensed matter and ecological systems. FTI them. Umarov AN RT. - Dushanbe, 2002. - P. 59-61.
5. Gadoev, S.M. Development of a snapping model adequate for a wide temperature range / S.M. Gadoev // Science and new technologies. - - Bishkek. - 2007. - No. 1. - P.19-23.
6. Johnson A.H., Baze M.P. Mechanisms for the latch-up window effects in integrated circuits / A.H. Johnson, M.P.Baze. IEEE Trans. - 1985. - V.NS-32. - No.6. - P. 4295-4297.
7. Gadoev, S.M. Influence of AI on the operation of microelectronic circuits and their components / S.M. Gadoev. TGNU Bulletin. - 2000. -№4. - P.38-41.
8. Gadoev, S.M. Study of transient ionization effects in IC / S.M. Gadoev // Bulletin of the TSNU. - 2001. -№5. - P.44-46.

9. Gadoev, S.M. Development of a snapping model adequate for a wide temperature range / S.M. Gadoev. Science and new technologies. –Bishkek, 2007. –№1. - P.19-23.
10. Gadoev S.M. Parasitic effects in the CMDP IC at a wide temperature range / S.M. Gadoev. Work introduction act. M .: NIITT. 1993 .- P. 1.

РАВАНДҲОИ ЗУДҚУЛФШАВӢ ДАР СХЕМАҲОИ ИНТЕГРАЛӢ

Натиҷаҳои таҳқиқоти падида (эффект)-ҳои зудқулфшавӣ дар микросхемаҳои интегралии навъҳои гуногун ва технологияҳо, таъсири реҷаи электрӣ, таъсири омилҳои берунаи ноустуворгардонандаи микросхемаҳои интегралӣ ба зуҳуроти падидаи зудқулфшавӣ, ҳамчунин, масъалаҳои моделсозии ин падидаҳо баррасӣ ва муҳокима гардидаанд. Схемаҳои муодил (эквивалентӣ) барои таҳлили падидаи зудқулфшавӣ ва усули ҳисобкунии параметрҳои схемаҳои муодил, усули таҷрибавии ангезиши зудқулфшавӣ дар микросхемаҳои интегралӣ ва ҷузъиёти он ва муайян кардани ҷойҳои сусти онҳо, озмоишҳои аттестатсионии микросхемаи интегралии ба падидаи зудқулфшавӣ ва ғайра мавриди таҳлил ва баррасӣ қарор дода шудаанд. Захиравии ба ин монанди шараққас якбора зиёд шудани ҷараён дар занҷирҳои тағзия, вуруд ва хуруҷи МСИ пас аз таъсири афканишоти импулсии ионикунанда (АИИ) мебошад. Қобилияти кории микросхема вайрон мешавад ва пас аз қатъи таъсир барқарор намешавад, яъне падида хусусияти боқимондагӣ дорад. Таҳқиқот вобастагии назарраси параметрҳои зудқулфшавии микросхемаҳоро аз макони ҷойгиршавии сохтори паразитӣ дар микросхемаҳои интегралӣ, ташкилаи схематехникӣ ва функсионалӣ дар умум, ҳамчунин, аз реҷаи электрии он, ҳолати функсионалӣ ва шароити истифодабарӣ нишон доданд. Дар МСИ мавҷуд будани якчанд сохторҳои паразитӣ эҳтимолияти таъсири мутақобили онҳоро зиёд мегардонад. Дар ин маврид хусусияти зоҳиршавии берунии зудқулфшавӣ дар МСИ-ҳои воқеӣ аз рафтори маъмулии сохтори чаҳорқабатаи ягона хеле фарқ мекунад.

Калидвожаҳо: структура, ҷараёни бозист, эффект, микросхема, параметр, зудқулфшавӣ.

ПРОЦЕССЫ ЗАЩЁЛКИВАНИЯ В ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМАХ

В данной работе сформулированы требования к модели защёлкивания в КМДП ИМС различных технологий пригодных для использования в широком диапазоне температур. Показана возможность использования двухтранзисторной эквивалентной схемы в качестве модели для адекватного описания изменения параметров защёлкивания в широком температурном диапазоне и для различных технологий и способов возбуждения. В работе показано существенную зависимость параметров защёлкивания микросхем от местоположения паразитной структуры в ИМС, схемотехнической и функциональной организации схемы в целом, а также от её электрического режима, функционального состояния и условий эксплуатации. Наличие в ИМС нескольких паразитных структур обусловливает вероятность их сильного взаимного влияния. При этом характер внешнего проявления защёлкивания в реальных ИМС существенно отличается от традиционного поведения одиночной четырёхслойной структуры. Эффекты защёлкивания могут инициироваться различными радиационными и нерадиационными дестабилизирующими воздействиями при превышении их критических пороговых уровней. Параметры внешних дестабилизирующих воздействий (тип, характер энерговыделения, спектр и др.) во многом определяют характер инжекции неравновесных носителей в паразитную структуру, а, следовательно, и порог её активизации.

Ключевые слова: структура, ток удержания, эффект, микросхема, параметр, защелкивания.

LATCHING PROCESSES IN INTEGRATED CIRCUITS

In work requirements to model latch-up in CMOS IS of various technologies applicable for use in wide formulated. Possibility of use of the two-transistor equivalent network as model for the adequate description of change of pulling parameters pulling in a wide temperature range and for various technologies and excitation means is shown. For the first time multilane research of radiating effects (superficial and volume) in semiconductor structures of various technologies and their elements depending on a duty in fields of destabilizing factors is executed. It is shown that radiating influence makes the strong impact on parameters of devices of structure of semi-conductor products and devices, and also on a mode of their operation. It is positioned that the semiconductor structures subjected to various views of an irradiation, are characterized by presence of a threshold radiation dose on reaching which there is a degradation of operating conditions is revealed that all serial semiconductor structures of various technologies also are characterized by the irradiation threshold doses which excess causes occurrence and magnification of radioactive failures. It is positioned that exhibiting of radiating effects (especially radiating failures) in semiconductor structures and their elements depends on influence of exterior destabilizing factors (radiation, temperature, electrical modes, etc.).

Keywords: structure, deduction current**,** effect, latch-up, microcircuit, parameter.

Маълумот дар бораи муаллиф: ***Гадоев Сабзаалӣ Мухшулович*** – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, доктори илмҳои техникӣ, кафедраи электроникаи физикӣ. **Суроға**: 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. **Тел.**: (+992) 907-81-39-80. **E-mail**: gadoev_59@mail.ru.

Сведения об авторах: ***Гадоев Сабзаали Мухшулович*** – Таджикский национальный университет, доктор технических наук, кафедра физической электроники. **Адрес**: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. **Телефон**: (+992) 907-81-39-80. **E-mail**: gadoev_59@mail.ru.

Information about authors: ***Gadoev Sabzaali Mukhshulovich*** – Doctor of Technical Sciences, Department of Physical Electronics TNU. **Address**: 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **Ph.**: (+992) 907-81-39-80. **E-mail**: gadoev_59@mail.ru.

УДК 621.382.323

КОМПАКТНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ТОКА СТОКА «ВНЕШНЕГО» ОРГАНИЧЕСКОГО ПОЛЕВОГО ТРАНЗИСТОРА НА ОСНОВЕ НОВОЙ СГЛАЖИВАЮЩЕЙ ФУНКЦИИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ МОНОТОННОЕ УБЫВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ПРОВОДИМОСТИ

Рахматов Б.А., Турин В.О., Зебрев Г.И., Ким Ч.Х., Инигез Б., Шур М.С.
Таджикский национальный университет
Орловский государственный университет имени И.С.Тургенева
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Университет Гачон
Университет Ровира и Виржинии
Ренсселаеровский политехнический институт

1. Введение. Органическая электроника [1] направлена на разработку электронных устройств на основе органических материалов, которые могут быть гибкими, растяжимыми, дешевыми, биоразлагаемыми, легко наносятся на большие площади, обеспечивают относительно простые технологии изготовления и комнатные температуры технологического процесса. Актуальной задачей является разработка компактной модели ОПТ, которая представляет из себяотносительно простую систему алгебраических уравнений, которую можно быстрорешить. Основной областью применения компактных моделей является ускоренная разработка интегральных схем и печатных плат в электронных САПР. На современном этапе, при разработке компактной модели ОПТ, важно учитывать современные тенденции в развитии компактных моделей МОП-транзисторов: компактные модели должны корректно учитывать дифференциальную проводимость в режиме

Таб. 1. Типовые параметры пентаценового ОПТ с каналом p-типа и его компактной модели [7]

Tab. 1. Typical parameters of a pentacene OFT with a p-type channel and its compact model [7]

γ	V_{th}, В	μ_{FET} ($V_{GS} = -50$ В) см^2 / В·с	α_S	R_T, кОм	λ, В$^{-1}$	L, мкм	W, мкм	C_i, нФ/см^2
0,91	-12	0,13	0,46	24	$1{,}2 \cdot 10^{-3}$	40	1000	3,3

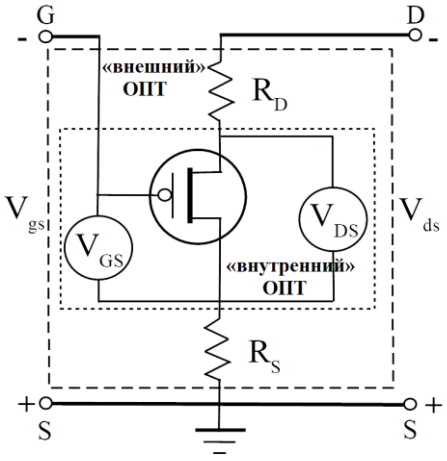
насыщения и быть «внешними», т. е. аналитически учитывать сопротивления истока и стока.Ранее, в работе [2], мы предложили использовать для компактного моделирования тока стока «внутреннего» ОПТ новую функцию сглаживания (ранее предложенную для МОП-транзистора в работах[3, 4]), которая дает монотонное убывание дифференциальной проводимости от максимального значения в линейном режиме до минимального значения в режиме насыщения.После этого, в работе[5],для режима насыщения ОПТ в окрестности «точки насыщения»,была разработана линейная по «внешнему» напряжению сток-исток аппроксимация для тока стока. В настоящей работе мы используем новую функцию сглаживания (предложенную в [3, 4] и применённую в [2] для «внутреннего» ОПТ) для компактного моделирования тока стока «внешнего» ОПТ. Отметим, что в работе [6] подобная программа реализована для МОП-транзистора и многие уравнения в нашей статье являются универсальными и применимы к МОП-транзистору.

Использование новой функции сглаживания обеспечивает гладкое переключение с линейного режима в режим насыщения. Для режима насыщения мы используем линейную

по «внешнему» напряжению сток-исток аппроксимацией для тока стока«внешнего» ОПТ, предложенную в [5].

В нашей работе мы используем параметры пентаценового ОПТ с каналом p-типа из работы [7] (см. Таблица 1). Большое значение $\lambda = 0{,}01$ $В^{-1}$ используется в наших расчётах для наглядности.В нашей работе мы будем использовать завышенные сопротивления контактов $R_S = R_D$ =3 МОм, чтобы подчеркнуть их влияние на характеристики ОПТ (см. рисунок 1).

Рис.1. «Внутренний» и «внешний» ОПТ
Fig.1. "Internal" and "external" OFT



2. «Внутренняя» модель ОПТ. Для краткости мы используем центрированное напряжение на затворе, которое определяет разницу между напряжением сток-исток и пороговым напряжением:

$$V_{GT} = V_{GS} - V_{th}. \quad (1)$$

Для линейного режима «внутреннего»ОПТ имеем:

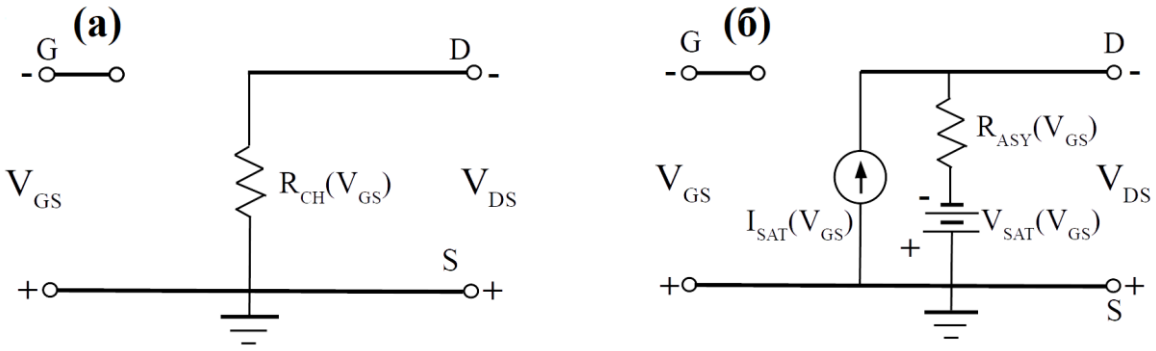
$$I_{LIN}(V_{DS}, V_{GT}) = g_{CH}(V_{GT})V_{DS}. \quad (2)$$

Дифференциальная проводимость в линейном режиме имеет такой вид[7]:

$$g_{CH}(V_{GT}) = R_{CH}^{-1}(V_{GT}) = K\ \mu_{FET}(V_{GT})V_{GT}. \quad (3)$$

ЗдесьR_{CH} – выходное сопротивление «внутреннего»ОПТ в линейном режиме,$K = \frac{W}{L}C_i$ – параметр геометрии под затворного конденсатора и характеристик материала; $C_i = \frac{\varepsilon_{ox}\varepsilon_0}{d_{ox}}$– ёмкость изолятора на единицу площади; *W*– ширина затвора; *L*– длина затвора; ε_{ox} – диэлектрическая проницаемость подзатворного диэлектрика; ε_o – электрическая постоянная, d_{ox} – толщина под затворного диэлектрика;$\mu_{FET}(V_{GT}) = \frac{\mu_0}{V_{aa}^{\gamma}}V_{GT}^{\gamma}$ – подвижность с учетом эффекта поля; μ_0полагается равной 1 $см^2/В{\cdot}с$;γ = 0,91;α_S =0,46; V_{aa} = 358 В.

Рис. 2.Эквивалентная схема для «внутреннего» ОПТ с p-каналом в линейном (омическом) режиме (а) и в режиме насыщения (б)
Fig. 2. Equivalent circuit for an "internal" OFT with a p-channel in linear (ohmic) mode (a) and in saturation mode (b)



Ток и напряжение насыщения для ОПТ определяются следующим образом [7]:

$$V_{SAT}(V_{GT}) = \alpha_s V_{GT}, \quad (4)$$

$$I_{SAT}(V_{GT}) = g_{CH}(V_{GT}) V_{SAT}(V_{GT}) = \alpha_s K \frac{\mu_0}{V_{aa}^{\gamma}} V_{GT}^{\gamma+2}. \quad (5)$$

Крутизна ОПТ в режиме насыщения определяется следующим уравнением:

$$g_{mSAT}(V_{GT}) = \frac{\partial I_{SAT}}{\partial V_{GS}} = \frac{\gamma+2}{V_{GT}} I_{SAT}(V_{GT}). \quad (6)$$

Определим функциюb_{mSAT} так:

$$b_{mSAT} = \frac{\partial V_{SAT}}{\partial V_{GS}} = \alpha_s. \quad (7)$$

Для учета ненулевой дифференциальной проводимостив режиме насыщения в компактных моделях МОП-транзисторов и ОПТ используется параметр $\lambda = \frac{1}{V_E}$. Здесь V_E – аналог напряжения Эрли, хорошо известного из теории биполярного транзистора. Асимптотическое поведение тока стока в режиме насыщения для ОПТ аппроксимируется линейной функцией:

$$I_{ASY} = I_{SAT}(V_{GT}) + g_{ASY}(V_{GT}) \cdot (V_{DS} - V_{SAT}(V_{GT})). \quad (8)$$

Дифференциальная проводимость ОПТ в режиме насыщения:

$$g_{ASY}(V_{GT}) = R_{ASY}^{-1}(V_{GT}) = \frac{\partial I_{ASY}}{\partial V_{DS}} = \lambda I_{SAT}(V_{GT}). \quad (9)$$

Эквивалентная схема для «внутреннего» ОПТ с р-каналом в линейном (омическом) режиме и в режиме насыщения представлена на рисунке 2 (а) и (б), соответственно.

Важной задачей для компактного моделирования ОПТ является выбор функции сглаживания, обеспечивающей гладкий переход между линейным

Рис. 3. (а) Выходные характеристики «внутреннего» ОПТ, рассчитанные с помощью традиционно используемой сглаживающей функции (10). Верхняя кривая для напряжения затвор-исток -30 В, далее: -35 В, -40 В, -45 В, -50 В. (б) Соответствующая выходная проводимость. Верхняя кривая для напряжения затвор-исток -50 В, далее:-45 В, -40 В, -35 В, -30 В

Fig. 3. (a) Output characteristics of the "internal" OFT, calculated using the traditionally used smoothing function (10). Upper curve for gate-source voltage -30 V, then: -35 V, -40 V, -45 V, -50 V. (b) Corresponding output conductance. Upper curve for gate-source voltage -50 V, then: -45 V, -40 V, -35 V, -30 V

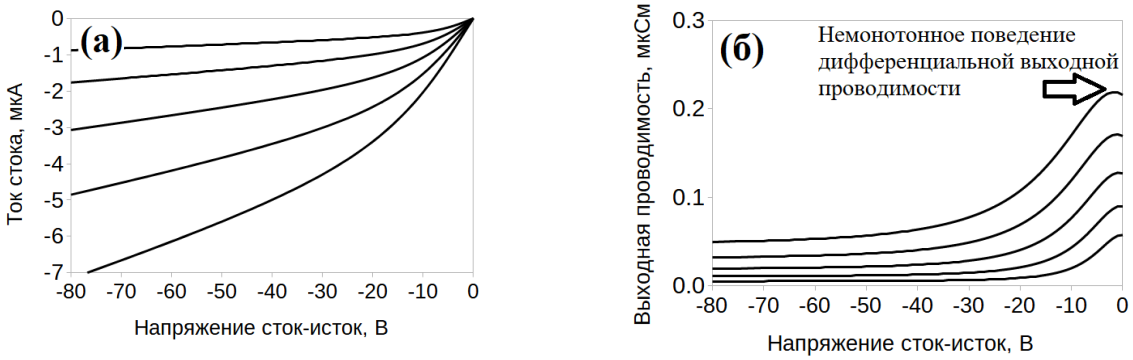
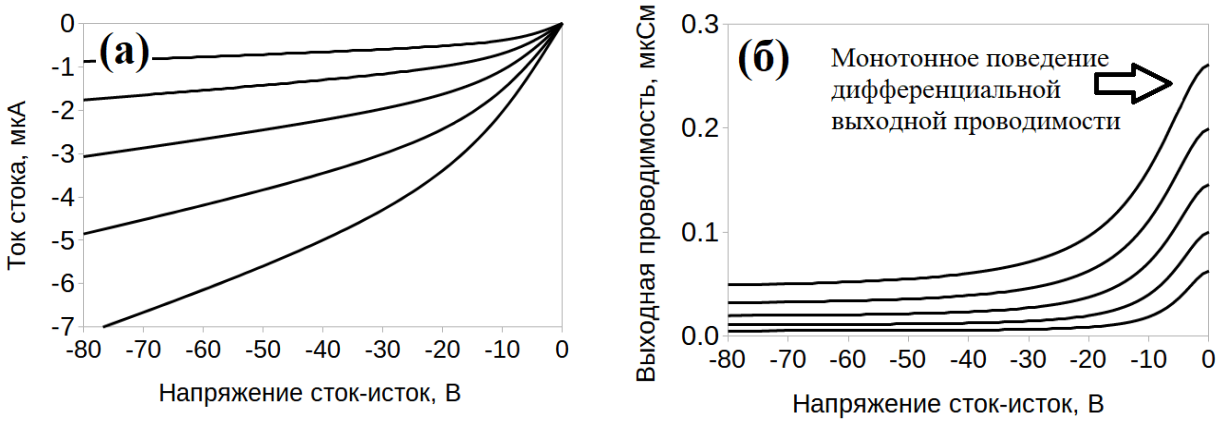


Рис. 4. (а) Выходные характеристики «внутреннего» ОПТ, рассчитанные с помощью новой сглаживающей функции (11) - (12). Верхняя кривая для напряжения затвор исток -30 В, далее:-35 В, -40 В, -45 В, -50 В. (б) Соответствующая выходная проводимость. Верхняя кривая для напряжения затвор-исток -50В, далее:-45 В,-40 В,-35 В,-30 В

Fig. 4. (a) Output characteristics of the "internal" OFT, calculated using the new smoothing function (11) - (12). Upper curve for gate-source voltage -30 V, then: -35 V, -40 V, -45 V, -50 V. (b) Appropriate output conductivity. Upper curve for gate-source voltage -50V, then: -45V, -40V, -35V, -30V



режимом и режимом насыщения[8]. Для этой цели традиционно используется следующая сглаживающая функция [9]:

$$I = \frac{I_{LIN} I_{ASY}}{(I_{LIN}^m + I_{SAT}^m)^{\frac{1}{m}}} = \frac{I_{LIN} I_{SAT}}{(I_{LIN}^m + I_{SAT}^m)^{\frac{1}{m}}} (1 + \lambda(V_{DS} - V_{SAT})). \quad (10)$$

Здесь m – параметр сглаживания, который в работе [7] полагается равным 1,8. Однако традиционный подход имеет немонотонное поведение дифференциальной выходной проводимости с увеличением напряженияна стоке [2, 3].На рисунке 3(а) представлены выходные характеристики «внутреннего» ОПТ рассчитанные с помощью традиционно используемой сглаживающей функции (10). На рисунке 3(б) представлены соответствующие зависимости выходной проводимости от напряжения сток-исток. Стрелкой показано немонотонное поведение выходной проводимости. Видно, что с ростом смещения на стоке, выходная проводимость сначала увеличивается, достигает максимума, а только потом начинает монотонно убывать.

В [2,3] предлагается новая сглаживающая функция, которая обеспечивает плавный переход тока стока от линейного режима к режиму насыщения с монотонным убиванием дифференциальной проводимости:

$$I = \frac{I_{LIN}\, I^{*}_{ASY}}{\left(I^{m}_{LIN} + I^{*m}_{ASY}\right)^{\frac{1}{m}}}, \quad (11)$$

$$I^{*}_{ASY} = \frac{g_{CH}}{\left(g^{m}_{CH} - g^{m}_{ASY}\right)^{\frac{1}{m}}} I_{ASY}. \quad (12)$$

На рисунке 4(а) представлены выходные характеристики «внутреннего» ОПТ рассчитанные с помощью новой сглаживающей функции (11)-(12). На рисунке 4(б) представлены соответствующие зависимости выходной проводимости от напряжения сток-исток. Видно, что с ростом смещения на стоке, выходная проводимость всегда монотонно убивает.

2. «Внешняя» модель ОПТ. Между «внутренним» и «внешним» напряжениями на затворе и на стоке выполняются соотношения [10, 11]:

$$V_{GT} = V_{gt} - IR_S, \quad (13)$$

$$V_{DS} = V_{ds} - IR_T, \quad (14)$$

где $R_T = R_s + R_D$– суммарное сопротивление контактов.

Линейный режим во «внешнем» случае аппроксимируется линейной зависимостью тока стока от напряжения на стоке[7, 10, 11]:

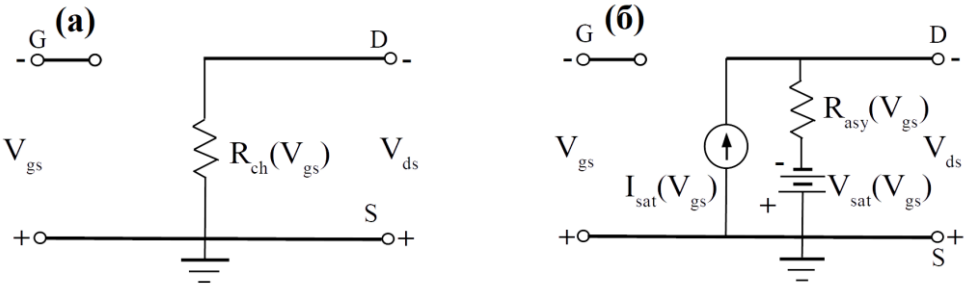
$$I_{lin}\left(V_{ds}, V_{gt}\right) = g_{ch}\left(V_{gt}\right) V_{ds}. \quad (15)$$

При этом сопротивление контактов учитывается в уравнении для проводимости:

$$g_{ch}\left(V_{gt}\right) = R^{-1}_{ch}\left(V_{gt}\right) = \frac{g_{CH}\left(V_{gt}\right)}{1 + R_T\, g_{CH}\left(V_{gt}\right)}, \quad (16)$$

Рис. 5. Эквивалентная схема для «внешнего» ОПТ с p-каналом в линейном (омическом) режиме (а) и в режиме насыщения (б)

Fig. 5. Equivalent circuit for an "external" OFT with a p-channel in linear (ohmic) mode (a) and in saturation mode (b)



что соответствует последовательному включению сопротивления канала «внутреннего» ОПТ и суммарного сопротивленияконтактов:

$$R_{ch}\left(V_{gt}\right) = R_{CH}\left(V_{gt}\right) + R_T. \quad (17)$$

Подставляя V_{GT}, определяемое уравнением (13), в уравнение для тока насыщения (5), и обозначая ток насыщения как I_{sat}, получаем уравнение для тока насыщения в неявной форме, которое может быть решено численно:

$$I_{sat} = A \cdot \left(V_{gt} - I_{sat} R_S\right)^{\gamma+2}. \quad (18)$$

В работах [12, 13] линеаризацией неявного уравнения для тока насыщения (18), было получено приближенное уравнение для компактного моделирования тока насыщения ОПТ:

$$I_{sat}\left(V_{gt}\right) \approx \frac{I_{SAT}\left(V_{gt}\right)}{1 + g_{mSAT}\left(V_{gt}\right) R_S}. \quad (19)$$

При этом «внешнее» напряжение насыщения рассчитывается так:

$$V_{sat}\left(V_{gt}\right) = V_{SAT}\left(V_{gt} - I_{sat}\left(V_{gt}\right) R_S\right) + I_{sat}\left(V_{gt}\right) R_T. \quad (20)$$

Для компактного моделирования «внешнего» ОПТ в режиме насыщения мы предлагаем использовать линейную аппроксимацию зависимости тока стока от внешнего напряжения на стоке, предложенную в работе [5]:

$$I_{asy} = I_{sat} + g_{asy} \cdot (V_{ds} - V_{sat}) = I_{sat} + (V_{ds} - V_{sat})/R_{asy}. \quad (21)$$

Здесь учтено, что $I_{sat} = I_{SAT}(V_{gt} - I_{sat}R_S)$, согласно уравнениям (5) и (13). Для g_{asy} в [5] выведено уравнение:

$$g_{asy} = R_{asy}^{-1} = \frac{g_{ASY}}{1 + g_{mSAT} \cdot R_S + g_{ASY} \cdot (R_T - b_{mSAT} \cdot R_S)}. \quad (22)$$

Рис. 6. (а) Выходные характеристики «внешнего» ОПТ, рассчитанные с помощью традиционно используемой сглаживающей функции (24). Верхняя кривая для напряжения затвор-исток -30 В, далее: -35 В, -40 В, -45 В, -50 В. (б) Соответствующая выходная проводимость. Верхняя кривая для напряжения затвор-исток -50 В, далее:-45 В, -40 В,-35 В, -30 В

Fig. 6. (a) Output characteristics of the "external" OFT, calculated using the traditionally used smoothing function (24). Upper curve for gate-source voltage -30 V, then: -35 V, -40 V, -45 V, -50 V. (b) Corresponding output conductance. Upper curve for gate-source voltage -50 V, then: -45 V, -40 V, -35 V, -30 V

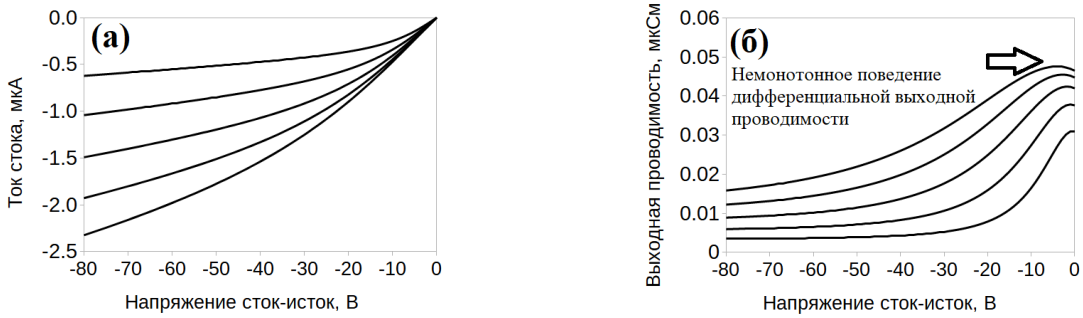
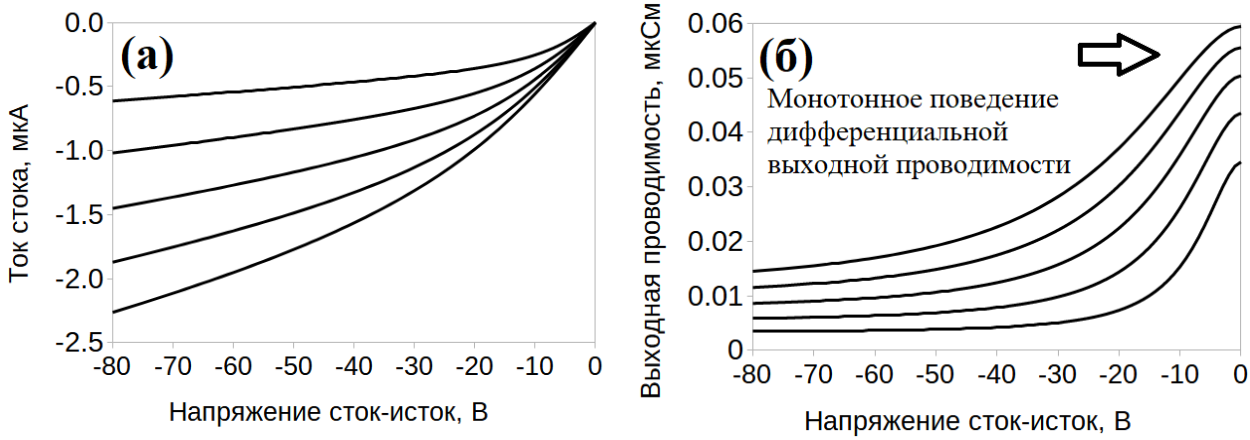


Рис. 7. (а) Выходные характеристики «внешнего» ОПТ, рассчитанные с помощью новой сглаживающей функции (25)-(26). Верхняя кривая для напряжения затвор-исток -30 В, далее:-35 В, -40 В,

-45 В, -50 В. (б) Соответствующая выходная проводимость. Верхняя кривая для напряжения затвор-исток -50В, далее:-45 В, -40 В,-35 В,-30 В

Fig. 7. (a) Output characteristics of the "external" OFT, calculated using the new smoothing function (25) - (26). Upper curve for gate-source voltage -30 V, then: -35 V, -40 V, -45 V, -50 V. (b) Appropriate output conductivity. Upper curve for gate-source voltage -50V, then: -45V, -40V, -35V, -30V



Здесь аргументом всех функций g_{ASY}, $g_{m\,SAT}$ и $b_{m\,SAT}$ является $V_{GT} = V_{gt} - I_{sat}R_S$. Функция I_{sat} определяется неявнымуравнением (18) или приближённым уравнением (19). Отметим, что в этой статье, при моделировании тока стока «внешнего» ОПТ, мы будем использовать приближённоеуравнение (19).

Уравнение (22) можно переписать в более удобном для анализа виде:

$$R_{asy} = R_{ASY} + R_T + \left(g_{m\,SAT}R_{ASY} - b_{m\,SAT}\right)R_S. \quad (23)$$

Из (23) видно, что выходное дифференциальное сопротивление «внешнего» ОПТ в режиме насыщения R_{asy} складывается из последовательного включения дифференциального сопротивления «внутреннего» ОПТ в режиме насыщения$R_{ASY} = 1/g_{ASY}$,суммарного сопротивленияконтактов R_T и добавки, смысл которой можно понять вспомнив про эффект истоковой деградации, изучаемый в теории МОП усилителя с общим истоком [14,15].

Эквивалентная схема для «внешнего» ОПТ с р-каналом в линейном (омическом) режиме и в режиме насыщения представлена на рисунке 5 (а) и (б), соответственно.

При использовании традиционной функции сглаживания [9]для тока стока «внешнего» ОПТ получается следующее уравнение:

$$I = \frac{I_{lin}I_{asy}}{\left(I_{lin}^m + I_{sat}^m\right)^{\frac{1}{m}}}, \quad (24)$$

На рисунке 6(а) представлены выходные характеристики «внешнего» ОПТ рассчитанные с помощью традиционно используемой сглаживающей функции (24). На рисунке 6(б) представлены соответствующие зависимости выходной проводимости от напряжения сток-исток. Стрелкой показано немонотонное поведение выходной проводимости. Видно, что сростом смещения на стоке, выходная проводимость сначала увеличивается, достигает максимума, а только потом начинает монотонно убывать.

При использовании новой функция сглаживания [2, 3, 4]для тока стока «внешнего» ОПТ получаются следующие уравнения:

$$I = \frac{I_{lin}I_{asy}^*}{\left(I_{lin}^m + I_{asy}^{*\,m}\right)^{\frac{1}{m}}}, \quad (25)$$

$$I_{asy}^* = \frac{g_{lin}}{\left(g_{lin}^m - g_{asy}^m\right)^{\frac{1}{m}}}I_{asy}. \quad (26)$$

На рисунке 7(а) представлены выходные характеристики «внешнего» ОПТ рассчитанные с помощью новойсглаживающей функции (25)-(26). На рисунке 7 (б) представлены соответствующие зависимости выходной проводимости от напряжения сток-исток. Видно, что сростом-с мощения на стоке, выходная проводимость всегда монотонно убывает.

3. Выводы. В данной работе мы представили расчеты выходных характеристик и зависимости дифференциальной проводимости от напряжения на стоке для «внешнего» органического полевого транзистора, полученные с использованием ранее разработанной кусочно-линейной компактной модели тока стока ОПТ и с применение меновой сглаживающей функции. Новая сглаживающей функции обеспечивает монотонное уменьшением дифференциальной проводимости «внешнего» ОПТ-транзистора от максимального значения в линейном режиме до минимального значения в режиме насыщения. Отметим, чтоработе [5] мыизучилиасимптотическуюзависимостьтокастока «внешнего» ОПТ в режиме насыщения от напряжения на стоке. В дальнейшей работе мы планируем учесть эти результаты в компактной модели «внешнего» ОПТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chang, J.S. A Circuits and Systems Perspective of Organic/Printed Electronics: Review, Challenges, and Contemporary and Emerging Design Approaches / J.S. Chang, A.F. Facchetti, R. Reuss // IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems.– 2017. –Vol. 7. - N 1. –P. 7-26.

2. Turin, V.O. An approach to organic field-effect transistor above-threshold drains current compact modeling that provides monotonic decrease of the output conductance with drain bias increasing / V.O. Turin, B.A. Rakhmatov, C.H. Kim, B. Iniguez // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – Vol. 151. - N 1. – P. 1–5.
3. Turin, V.O.Intrinsic compact MOSFET model with correct account of positive differential conductance after saturation / V.O. Turin, A.V.Sedov, G.I.Zebrev, B.Iniguez, M.S.Shur // Proc. SPIE. – 2010. - 75211H.–P. 1- 9.
4. Turin, V. The correct account of nonzero differential conductance in the saturation regime in the MOSFET compact model / V. Turin, G. Zebrev, S. Makarov, B. Iñiguez, M. Shur // Int. J. Numer. Model.El. – 2014. - N 27. –P. 863-874.
5. Турин, В.О. Кусочная аппроксимация выходной характеристики «внешнего» органического полевого транзистора с учётом ненулевой дифференциальной проводимости в режиме насыщения и эффекта ограничения тока стока из-за истоковой деградации / В.О. Турин, Б.А. Рахматов, Р.С. Шкарлат, Г.И. Зебрев, Ч.Х. Ким, Б. Инигез, М.С. Шур // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техникаитехнологии. –2019. –Т. 9. - № 2. –С. 137-157.
6. Turin, V.O. The “Extrinsic” Compact Model of the MOSFET Drain Current Based on a New Interpolation Expression for the Transition Between Linear and Saturation Regimes with a Monotonic Decrease of the Differential Conductance to a Nonzero Value / V.O. Turin, R.S. Shkarlat, G.I. Zebrev, B. Iñiguez and M.S. Shur// 2020 4th IEEE Electron Devices Technology & Manufacturing Conference (EDTM), Penang, Malaysia, 2020.–P. 1-4.
7. Kim, C.H. A Compact Model for Organic Field-Effect Transistors With Improved Output Asymptotic Behaviors / C.H. Kim, A. Castro-Carranza, M. Estrada etc. // IEEE Trans. ElectronDevices. – 2013. –V. 60. -N3. –P. 1136 -1141.
8. Денисенко, В.В. Компактные модели МОП-транзисторов для SPICE в микро- и наноэлектронике / В. В. Денисенко. - Москва :Физматлит, 2010. - 407 с.
9. Shur, M. Unified MOSFET model / M. Shur, T. A. Fjeldly, T. Ytterdal, K. Lee // Solid-State Electronics. – 1992. – V. 35. - N 12. –P. 1795–1802.
10. Shur,M. Physics of Semiconductor Devices / M.Shur. - Prentice Hall, New Jersey,1990. – P. 680.
11. Ytterdal, T. Device Modeling for Analog and RF CMOS Circuit / T.Ytterdal, Y. Cheng, T.A. Fjeldly. - John Willey and Sons, New York, 2003.– P. 306.
12. Турин, В.О. Моделирование тока насыщения органического полевого транзистора с учётом контактных сопротивлений / В.О.Турин,Б.А. Рахматов,Г.И. Зебрев,Ч.Х. Ким,Б. Инигез, М.С. Шур // Современные проблемы физико-математических наук. Материалы III международной научно-практической конференции. 23–26 ноября 2017 г., Орёл – 2017. – С. 299–305.
13. Turin,V.O. Modelling of saturation current of an organic field-effect transistor with accounting for contact resistances / V.O. Turin, B.A. Rakhmatov, G.I. Zebrev, C.-H. Kim, B. Iñiguez, M.S. Shur // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – V. 498. - N. 012038. –P. 1-5.
14. Sheikholeslami, A. Circuit Intuitions: Source Degeneration / A. Sheikholeslami // IEEE Solid-State Circuits Magazine. – 2014. – V. 6. - N 3. – P. 8-10.
15. Sedra,A.Micro electronic Circuits / A.S. Sedra, K.C. Smith. - Oxford Univ. Press, 2015.– P. 433.

REFERENCES LITERATURE

1. Chang, J.S. A Circuits and Systems Perspective of Organic/Printed Electronics: Review, Challenges, and Contemporary and Emerging Design Approaches / J.S. Chang, A.F. Facchetti, R. Reuss // IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems.– 2017. –Vol. 7. - N 1. –P. 7-26.
2. Turin, V.O. An approach to organic field-effect transistor above-threshold drains current compact modeling that provides monotonic decrease of the output conductance with drain bias increasing / V.O. Turin, B.A. Rakhmatov, C.H. Kim, B. Iniguez // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – Vol. 151. - N 1. – P. 1–5.
3. Turin, V.O.Intrinsic compact MOSFET model with correct account of positive differential conductance after saturation / V.O. Turin, A.V.Sedov, G.I.Zebrev, B.Iniguez, M.S.Shur // Proc. SPIE. – 2010. - 75211H.–P. 1- 9.
4. Turin, V. The correct account of nonzero differential conductance in the saturation regime in the MOSFET compact model / V. Turin, G. Zebrev, S. Makarov, B. Iñiguez, M. Shur // Int. J. Numer. Model.El. – 2014. - N 27. –P. 863-874.
5. Turin, V.O. Piecewise approximation of the output characteristic of an "external" organic field-effect transistor, taking into account the nonzero differential conductivity in the saturation mode and the effect of limiting the drain current due to source degradation / V.O. Turin, B.A. Rakhmatov, R.S. Shkarlat, G.I. Zebrev, Ch.Kh. Kim, B. Iniguez, M.S. Shur // News of the Southwest State University. Series: Technics and technologies. –2019. –T. 9. - No. 2. –P. 137-157.
6. Turin, V.O. The “Extrinsic” Compact Model of the MOSFET Drain Current Based on a New Interpolation Expression for the Transition Between Linear and Saturation Regimes with a Monotonic Decrease of the Differential Conductance to a Nonzero Value / V.O. Turin, R.S. Shkarlat, G.I. Zebrev, B. Iñiguez and M.S. Shur// 2020 4th IEEE Electron Devices Technology & Manufacturing Conference (EDTM), Penang, Malaysia, 2020.–P. 1-4.
7. Kim, C.H. A Compact Model for Organic Field-Effect Transistors With Improved Output Asymptotic Behaviors / C.H. Kim, A. Castro-Carranza, M. Estrada etc. // IEEE Trans. ElectronDevices. – 2013. –V. 60. -N3. –P. 1136 -1141.
8. Denisenko, V.V. Compact models of MOS-transistors for SPICE in micro- and nanoelectronics / V.V.Denisenko. - Moscow: Fizmatlit, 2010 .- 407 p.
9. Shur, M. Unified MOSFET model / M. Shur, T. A. Fjeldly, T. Ytterdal, K. Lee // Solid-State Electronics. – 1992. – V. 35. - N 12. –P. 1795–1802.
10. Shur,M. Physics of Semiconductor Devices / M.Shur. - Prentice Hall, New Jersey,1990. – P. 680.
11. Ytterdal, T. Device Modeling for Analog and RF CMOS Circuit / T.Ytterdal, Y. Cheng, T.A. Fjeldly. - John Willey and Sons, New York, 2003.– P. 306.
12. Turin, V.O. Turin V.O., Turin B.A. Simulation of the saturation current of an organic field-effect transistor taking into account contact resistances. Rakhmatov, G.I. Zebrev, Ch.Kh. Kim, B. Iniguez, M.S. Shur // Modern problems of physical and mathematical sciences. Materials of the III International Scientific and Practical Conference. November 23-26, 2017, Oryol - 2017. - P. 299-305.

13. Turin,V.O. Modelling of saturation current of an organic field-effect transistor with accounting for contact resistances / V.O. Turin, B.A. Rakhmatov, G.I. Zebrev, C.-H. Kim, B. Iñiguez, M.S. Shur // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – V. 498. - N. 012038. –P. 1-5.
14. Sheikholeslami, A. Circuit Intuitions: Source Degeneration / A. Sheikholeslami // IEEE Solid-State Circuits Magazine. – 2014. – V. 6. - N 3. – P. 8-10.
15. Sedra,A.Micro electronic Circuits / A.S. Sedra, K.C. Smith. - Oxford Univ. Press, 2015.– P. 433.

МОДЕЛСОЗИИ КОМПАКТӢ БАРОИ ҶАРАЁНИ САРГАҲИИ ТРАНЗИСТОРИ МАЙДОНИИ ОРГАНИКИИ «БЕРУНА» ДАР АСОСИ ФУНКСИЯИ НАВИ ҲАМВОРКУНАНДА БО КОҲИШЁБИИ ҲАМОҲАНГОНАИ ГУЗАРОНАНДАГИИ ДИФФЕРЕНСИАЛӢ

Дар марҳилаҳои кунунӣ, ҳангоми коркарди модели компактии транзистори майдонии органикӣ, тамоюлҳои кунунии коркарди моделҳои компактии МДН транзисторҳоро ба назар гирифтан муҳим аст: моделҳои компактӣ бояд мусаҳҳеҳии гузаронандагии дифференсиалиро дар реҷаи сер ба ҳисоб гирифта «беруна» бошанд, яъне муқовимати саргаҳ ва резишгоҳро таҳлилӣ ба ҳисоб гирад. Соҳаи асосии татбиқи моделҳои компактӣ ин коркарди босуръати микросхемаҳои интегралӣ ва варақаҳои чопӣ дар БСХ – и электронӣ ба шумор меравад. Қаблан, мо функсияи нави ҳамворкуниро барои гузариши байни реҷаи хаттӣ ва реҷаи сер бо гузаронандагии дифференсиалии ғайрисифрӣ барои транзистори майдонии органикии «дохилӣ» (бо истиснои муқовиматҳои тамосӣ), истифода бурдем. Функсияи нави ҳамворкунӣ қаблан барои истифода дар модели компактии МДН транзисторҳои кӯтоҳканал пешниҳод карда шуда буд. Ин раванд бар хилофи усули анъанавӣ, коҳишёбии ҳамоҳангонаи гузаронандагии дифференсиалиро аз қимати максималӣ дар реҷаи хаттӣ то қимати минималӣ дар реҷаи сер, таъмин менамояд. Реҷаи хаттӣ дар ҳолати «беруна» аз рӯи вобастагии ҷараёни хаттии саргаҳ ва шиддати саргаҳ бо усули стандартӣ аппроксиматсия мегардад. Ҳамчунин, қаблан мо наздикшавии хаттиро барои вобастагии ҷараёни саргаҳ аз шиддати саргаҳ дар реҷаи сер барои транзисторҳои майдонии органикии «беруна» (бо назардошти муқовиматҳои тамосӣ), пешниҳод намуда будем. Дар мақола мо ин ду натиҷаро якҷоя намуда, модели нави мукаммалгардидаро барои ҷараёни саргаҳи транзистори майдонии органикии «беруна», ки дар реҷаи болоостонавӣ кор мекунад, пешниҳод менамоем. Дар кори худ, мо параметрҳои хоси транзистори майдонии органикии пентатсениро бо канали p – навъ истифода мебарем.

Калидвожаҳо: транзистори майдонии органикӣ (ТМО), моделсозии компактӣ, функсияи ҳамворкунанда, реҷаихаттӣ, реҷаи сер, муқовимати тамосҳо, модели компактии «дохилӣ» ва «берунӣ» - и ТМО, гузаронандагии дифференсиалӣ.

КОМПАКТНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ТОКА СТОКА «ВНЕШНЕГО» ОРГАНИЧЕСКОГО ПОЛЕВОГО ТРАНЗИСТОРА НА ОСНОВЕ НОВОЙ СГЛАЖИВАЮЩЕЙ ФУНКЦИИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ МОНОТОННОЕ УБЫВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ПРОВОДИМОСТИ

На современном этапе, при разработке компактной моделиорганического полевого транзистора, важно учитывать современные тенденции в развитии компактных моделей МОП-транзисторов: компактные модели должны корректно учитывать дифференциальную проводимость в режиме насыщения и быть «внешними», т. е. аналитически учитывать сопротивления истока и стока. Основной областью применения компактных моделей является ускоренная разработка интегральных схем и печатных плат в электронных САПР.Ранее мы применили применить новую сглаживающую функцию для перехода между линейным режимом и режимом насыщения с ненулевой дифференциальной проводимостьюдля«внутреннего» (без учета контактных сопротивлений) органического полевого транзистора.Новая сглаживающая функция была ранее предложена для использования при компактном моделировании коротко канального МОП - транзистора. Этот подход, в отличие от традиционного, дает монотонное убивание дифференциальной проводимости от максимального значения в линейном режиме до минимального значения в режиме насыщения. Линейный режим во «внешнем» случае аппроксимируется линейной зависимостью тока стока от напряжения на стоке стандартным способом. Также, ранее, мы предложили линейную аппроксимацию для зависимости тока стока от напряжения на стоке в режиме насыщения для «внешнего» органического полевого транзистора (с учетом контактных сопротивлений).В этой работе мы объединяем эти два результата и представляем новую улучшенную компактную модель для тока стока «внешнего» органического полевого транзистора в над пороговом режиме работы. В нашей работе мы используем типовые параметры пентаценового органического полевого транзистора с каналом p-типа.

Ключевые слова: органический полевой транзистор (ОПТ), компактное моделирование, сглаживающая функция, линейный режим, режим насыщения, сопротивление контактов, «внутренняя» и «внешняя» компактная модель ОПТ, дифференциальная проводимость.

COMPACT MODEL FOR THE DRAIN CURRENT OF AN «EXTRINSIC» ORGANIC FIELD-EFFECT TRANSISTOR BASED ON A NEW SMOOTHING FUNCTION PROVIDING A MONOTONIC DECREASE IN DIFFERENTIAL CONDUCTANCE

At the present stage, when developing a compact model of an organic field-effect transistor, it is important to take into account current trends in the development of compact models of MOSFETs: compact models must correctly take into account the differential conductivity in the saturation regime and be "extrinsic", i.e. analytically take into account the source and drain resistances.The main area of application of compact models is the accelerated development of integrated circuits and printed circuit boards in electronic CAD.Previously, we applied a new smoothing function for the transition between linear mode and saturation mode with non-zero differential conductance for an «intrinsic» (excluding contact resistances) organic field-effect transistor. A new smoothing function was previously proposed for use in compact modeling of a short-channel MOSFET.This approach, in contrast to the traditional one, gives a monotonic decrease in the differential conductance from the maximum value in the linear regime to the minimum value in the saturation regime. The linear regime in the "extrinsic" case is approximated by the linear dependence of the drain current on the drain voltage in the standard way.Also, earlier, we proposed a linear approximation for the dependence of the drain current on the drain voltage in the saturation regime for an «extrinsic» organic field-effect transistor (taking into account contact resistances). In this paper, we combine these two results and present a new and

improved compact model for the drain current of an «extrinsic» organic field effect transistor in the above-threshold mode of operation.In our work, we use typical parameters of a pentacene organic field-effect transistor with a p-type channel.

Key words: organic field-effect transistor (OFET), compact modeling, smoothing function, linear regime, saturation regime, contact resistance, "intrinsic" and "extrinsic" compact OFET model, differential conductance.

Маълумот дар бораи муаллифон: ***Раҳматов Бадурдин Амируллоевич*** **–** Донишгоҳи миллии Тоҷикистон – ассистенти кафедраи электроникаи физикӣ. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиё. Рудакӣ, 17. **Телефон:** (+992) 981006951. **E-mail:** badriddin.rakhmatov.91@mail.ru
Турин Валентин Олегович – Донишгоҳи давлатии Орёл ба номи И.С. Тургенев, н.и.ф-м., дотсенти кафедраи физикаи назариявӣ ва таҷрибавӣ. **Суроға:** 302026, Федератсияи Русия, вилояти Орёл, ш. Орел, кӯч. Комсомол, бинои 95. **Телефон:**+79208250040. **E-mail:**voturin@mail.ru
Зебрев Геннадий Иванович – Донишгоҳи миллии тадқиқоти ядерии «МИФИ», д.и.т., профессор, профессори кафедраи микро-ва наноэлектроникаи Донишкадаи нанотехнология дар электроника, спинтроника ва фотоника.**Суроға:**115409, Федератсияи Русия, ш. Москва, шоҳроҳи Каширск, бинои 31.**E-mail:** gizebrev@mephi.ru
Ким Чанг-Хюн – Донишгоҳи Гачон, докторанти Ph.D, профессор. **Суроға:** 13120, Ҷумҳурии Корея, ш. Соннам, кӯч. Суджеонг, бинои 1342. **E-mail:**chang-hyun.kim@gachon.ac.kr
Инигез Бенжамин –Донишгоҳи Ровираваи Вирджиния, Ph.D, профессор. **Суроға:**43003, Испания, ш. Тарагона, кӯч. Авитгудаделс Паисос, бинои 26.**E-mail:** benjamin.iniguez@urv.cat
Шур Михаил Саулович – Донишкадаи политехникии Ренсселаер, д.и.ф-м., профессор. **Суроға:**12180, ИМА, ш. Трой, штати Ню-Йорк, кӯч. 8-ум, бинои 110. **E-mail:**shurm@rpi.edu

Сведения об авторах: ***Рахматов Бадурдин Амируллоевич*** – ассистент кафедры физической электроники Таджикского национального университета. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. Телефон: (+992) 981006951. **E-mail:** badriddin.rakhmatov.91@mail.ru
Турин Валентин Олегович – ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», к.ф-м.н., доцент кафедры теоретической и экспериментальной физики,. **Адрес:** 302026, Российская Федерация, Орловская область, г. Орел, ул. Комсомолская, 95. **Телефон:** +79208250040. **E-mail:** voturin@mail.ru
Зебрев Геннадий Иванович – ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», д.т.н., профессор, профессор кафедры микро- и наноэлектроники Института нанотехнологий в электронике, спинтронике и фотонике. **Адрес:** 115409, Российская Федерация, г. Москва, Каширское шоссе, д. 31. **E-mail:** gizebrev@mephi.ru
Ким Чанг-Хюн – Университета Гачон, Ph.D, профессор. **Адрес:** 13120, Республика Корея, Соннам, ул. Суджон, д. 1342. **E-mail:** chang-hyun.kim@gachon.ac.kr
Инигез Бенджамин – Университет Ровира и Виржиния, Ph.D, профессор. **Адрес:** 43003, Испания, г. Тарагона, ул. Авитгудаделс Паисос, д. 26. **E-mail:** benjamin.iniguez@urv.cat
Шур Михаил Саулович – Ренсселаеровский политехнический институт, д.ф-м.н., профессор. **Адрес:** 12180, США, г. Трой, штат Нью-Йорк, ул. 8-ая, д. 110. **E-mail:** shurm@rpi.edu

Information about the authors*: Rakhmatov Badurdin Amirulloevich* – Tajik National University, Assistant of the Department of Physical Electronics. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **Phone:** (+992) 981006951. **E-mail:** badriddin.rakhmatov.91@mail.ru
Turin Valentin Olegovich – Orel State University named after I.S. Turgenev, Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor of the Department of Theoretical and Experimental Physics. **Address:** 302026, Russian Federation, Oryol region, Orel, st. Komsomolskaya, 95. **Phone:** +79208250040. **E-mail:** voturin@mail.ru
Zebrev Gennady Ivanovich – Higher Education "National Research Nuclear University «MEPhI», Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Micro- and Nanoelectronics of the Institute of Nanotechnology in Electronics, Spintronics and Photonics, Federal State Autonomous Educational Institution. **Address:** 115409, Russian Federation, Moscow, Kashirskoe highway, 31. **E-mail:** gizebrev@mephi.ru
Kim Chang-Hyun – Gachon University, Ph.D, Professor. **Address:** 13120, Republic of Korea, Seongnam, st. Sujong, 1342. **E-mail:** chang-hyun.kim@gachon.ac.kr
Iniguez Benjamin – Rovira University and Virginia, Ph.D, professor. **Address:** 43003, Spain, Taragona, st. Avitguda dels Paisos, 26. **E-mail:** benjamin.iniguez@urv.cat
Shur Mikhail Saulovich – Rensselaer Polytechnic Institute, Doctor of Physics and Mathematics, Professor. **Address:** 12180, USA, Troy, NY, st. 8th, 110. **E-mail:** shurm@rpi.edu

УДК:691:536.082

ТЕПЛОЕМКОСТИ ЖЕЛЕЗА И КОМПОЗИТНЫХ АРМАТУР

Зарипов Ш.А., Кобулиев З.В., Зарипов Дж.А.
Институт водных проблем, гидроэнергетика и экология Национальный Академия наук Таджикистан
***Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими**

Развитие современной науки и техники предъявляет все возрастающие требования к уровню, качеству и разнообразию свойств изделий из цветных металлов. В связи с этим особое значение приобретают производство, в частности строительстве и использование композитных арматур, обладающих высокой механической прочностью и пластичностью, малой плотностью, высоко-коррозионной стойкостью и рядом других свойств.

Исследование теплофизических свойств композитных арматур в зависимости от температуры представляет важную научную проблему, имеющую большую практическую значимость.

С практической точки зрения сведения о теплофизических свойствах композитных арматур важны для высокотемпературной техники - без них невозможно создание надежных конструкций в строительстве, прогнозирование поведения материалов в экстремальных условиях. Исследование высокотемпературной области необходимо для создания многих новых композиционных материалов на основе переходных металлов с лучшими или принципиально новыми физическими свойствами.

Экспериментально исследована удельная теплоемкость, а также тепловое расширение композитных арматур при Т=(298÷380)К [1,426с], [2,37с],[3,57с], [14,25с].

Графически результаты измерений теплоемкости образцов при изменении температуры показаны на рис.1-3, по которым видно, что по мере увеличения температуры теплоёмкость увеличивается [5,101с],[6,20с].

Как уже было отмечено в первой главе, экспериментально перечисленные параметры были исследованы составные компоненты рассматриваемых композитных арматур [7,300с].

Для обобщения результатов опытных исследований по теплофизическими параметрам теплоемкости при различных температурах используем [13,167с]:

$$\frac{C_P}{C_{P_1}} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (1)$$

где C_p, - коэффициент удельной теплоемкости изучаемых образцов с изменением температуры; C_{p1}, - соответственно удельная теплоемкость при T_1=293 К. Выполнимость (1)-отражена на рис.2-3 Линии, описываются уравнениями:

$$C_P = \left[-3{,}64\left(\frac{T}{T_1}\right)^2 + 1{,}07\left(\frac{T}{T_1}\right) + 3{,}18\right]\cdot C_{P_1} \quad (2)$$

Анализ значений C_{P_1} показал, что он представляют собой функции концентрации составляющих компонентов (рис.1).

Кривые на рис.1 описываются выражениями:

$$C_{P_1} = \left[1{,}00075 - 0{,}00075\left(\frac{n}{n_1}\right)\right]\cdot C^*_{P_1}$$

$$C^*_{P_1} = 1{,}15A + 788 \text{ ,Дж/(кг·К)} \quad (3)$$

$$Cp^{*} = \left[1{,}00075 - 0{,}00075\left(\frac{n}{n_1}\right)\right](1{,}15A + 788),\text{Дж/(кг·К)} \quad (4)$$

Уравнения (2)-(4) с учетом выражений (3) принимают вид:

$$Cp = \left\{-3{,}64\left(\frac{T}{T_1}\right)^2 + 1{,}07\left(\frac{T}{T_1}\right) + 3{,}18\right\} \cdot \left[1{,}00075 - 0{,}00075\left(\frac{n}{n_1}\right)\right] \cdot (1{,}15A + 788)\text{, Дж /(кг К)} \quad (5)$$

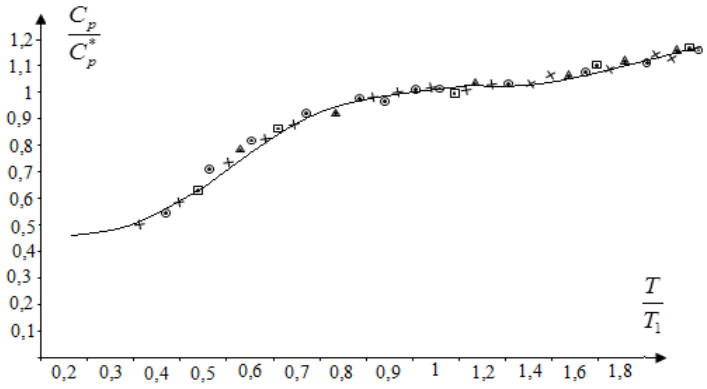


Рис. 1 – Зависимость относительной теплоемкости изучаемых композиционных арматур от ($\frac{C_p}{C_p^*}$) относительной температуры ($\frac{T}{T_1}$).

Fig. 1 Dependence of the relative heat capacity of the studied composite fittings on($\frac{C_p}{C_p^*}$)relative temperature ($\frac{T}{T_1}$)

Как выше было отмеченно теплоемкость исследуемых образцов, имею-щих цилиндрическую форму нами была исследована методом регулярного теплового режима второго рода (разработка профессора Платунова Е.С.). Результаты представлены в графическом виде на рис.1 и 2. [1,120с],[2,58с],

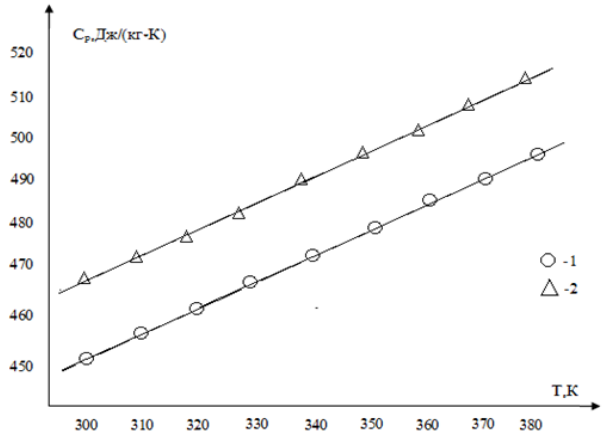


Рис. 2- Зависимость теплоемкости железа и композитных арматур из углеродистой стали AV в зависимости от температуры:1- данные справочника В.Е. Зиновьева, 2-наши данные[7 ,34с, 8,65с].

Fig. 2-Dependence of the heat capacity of iron and composite fittings made of carbon steel AV as a function of temperature: 1 - data of the researcher V.E. Zinoviev, 2-our data [7, 34c, 8, 65c].

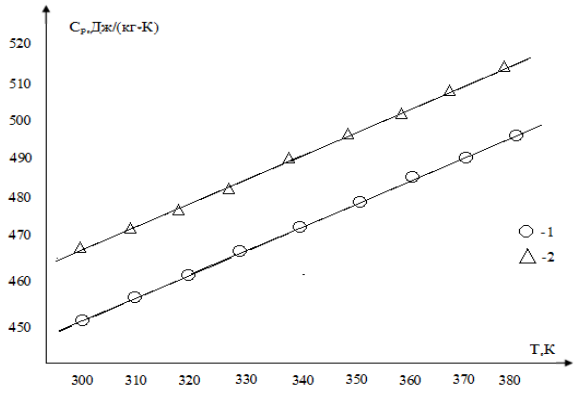


Рис. 3- Удельная теплоемкость композитных арматур в зависимости от температуры.1-композитная арматура из углеродистой стали AV,2- композитная арматура Roscbar углепластик[10,102c],[7,11c].

Fig 3-Specific heat capacity of composite rebars as a function of temperature.1-composite rebar made of carbon steel AV, 2-composite rebar Roscbar carbon fiber [10,102 c], [7,11 c].

Как видно из графиков, показанных на рис. 1 и 2 удельная теплоемкость в интервале температур (300-380) К растет по линейному закону. Согласно результатам, приведенным на рис. 1 и 2 можно заключить, что удельная теплоемкость композитной арматуры Roscbar углепластик во всем интервале температуры больше чем теплоемкость композитной арматуры из углеродистой стали AV. Например, при температуре 300 К - 1,3%, а при температуре 380 К эта разница составляет-3,8%[15,150c],[16,201c].

В представленном тезисе приведены результаты опытного изучения теплофизических параметров композиционных арматур и их обработки.

По итогам опытов и законов термодинамического подобия нами были получен ряд эмпирических уравнений для расчета теплоемкости исследования механических свойств композитных арматур [13,47c], [14,87c].

ВЫВОДЫ

В представленной работе приведены результаты опытного изучения теплоемкости композиционных арматур и их обработки.

Впервые получены экспериментальные данные по удельным и теплоемкостным композитных арматур в пределах изменения температуры (293-673) К. Показана зависимость теплоемкости композитных арматур от процентного содержания компонентов и температуры.

Установлено, что температурные и концентрационные зависимости теплоемкости композитных арматур хорошо колируют между собой. Данный факт является свидетельством общей природы соответственных явлений переноса и делает возможным обобщенный анализ обозначенных коэффициентов переноса. Для расчета теплоемкости,подвергнутых изучению образцов при мене на принцип аддитивности, а полученные результаты хорошо совпадают с экспериментальными данными.

Выполнение исследовательские работы в определении температурной зависимости теплоемкости композитных арматур дали возможность получить данные в качестве справочных, которые необходимы для выбора наиболее предпочтительных тепловых режимов производства, обработки и эксплуатации материалов, созданных на основе этих композитных арматур.

Основные результаты теоретических и экспериментальных иссле-дований приняты к использованию и внедрены в различные научно-исследовательские

институты и промышленные предприятия и организации Республики Таджикистан (Министерство промышленности и новых технологий Республики Таджикистан и отдел Материаловедения Академии наук РТ), а также используются в учебном процессе Таджикского технического университета им. академика М. С. Осими.

ЛИТЕРАТУРА

1. 1.Магомедов Р.М. Теплофизические свойства твердых растворов керамики $SiC_{(1-x)}AlN_{(x)}$.// Р.М.Магомедов, Г.Г.Гаджиев, Ш.М.Исмаилов. Сб. тр. Междуна-родной конференции “Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах”, 21-25 сентября 2004 г.-Махачкала, 2004. – 429 с.
2. 2.Ризоев С.Г. Тепло- и электрофизические свойства алюминии-медно-кремнево-сурьмяных сплавов в зависимости от температуры/ С.Г. Ризоев. Дисер. на со-искаиеуч.ст. канд. техн. наук. Душанбе , 2004. – 156 с.
3. 3.Кожеников И.Г. Теплофизические свойства материалов при низких температурах: Справочник.–2-е изд.,перераб. и доп/ И.Г.Кожеников, Л.А. Новицкий.–М.: Машиностроение, 1982. – 328 с.
4. 4.Алиев М.А. Структурные фазовые переходы в мно-гокомпонентных сплавах при комбинированных способах проведения плас-тической деформации// М.А.Алиев, А.Р.Велиханов. Сб. тр. Международной конференции “Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах”, 21-25 сентября 2004 г.-Махачкала, 2004. – С.415-418.
5. Степанова В.Ф., СтепановА .Ю. Арматура. Композитная полимерная// В.Ф.Степанова, А.Ю. Степанов. – 2013. – С. 101-200.
6. Фролов Н.П. Технология стеклопластиковой арматуры // Стеклопластиковая арматура и стеклопластбетонные конструкции/ Н.П. Фролов. -1-е изд. - М.: Строй-издат, 1980. - С. 20.-104.
7. Зиновьев В.Е. Теплофизические свойства металлов при высоких температурах: Справочник// В.Е. Зиновьев. – М.: Металлургия, 1989. – 382 с.
8. Зиновьев В.Е. Кинетические свойства металлов при высоких темпе-ратурах: Справочник// В.Е. Зиновьев. - М.: Металлургия, 1984. – 200 с.
9. Буравой С.Е. Перспективы исследования теплофизических свойств методами монотонного режима// С.Е.Буравой, Е.С.Платунов, В.В.Курепин. Материалы 5 Международной теплофизической школы, 20-24 сентября 2004. Часть 1. Тамбов: Изд. ТГТУ. – С. 66-74 с.
10. 10.Подэрни Р.Ю. Исследование удельной изобарной теплоемкости двухкомпонентной гидросистемы горной машины в зависимости от температуры// Р.Ю.Подэрни, Ш.З.Нажмудинов, М.М.Сафаров, Н.У. Тагоева. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2007. № 12. - С. 331-337.
11. 11.Сафаров М.М. Способ определения коэффициента линейного расширения твердых тел в широком интервале температур и устройство для его осуществления// М.М.Сафаров, К.А. Самиев. Патент Республики Таджикистан,МПК^{8},С 21D 1/70;Н 05В 6.08,№07001001, от 4.04.2007г.
12. Неймарк Б.Е. Экспериментальное исследование термического расширения тугоплавких металлов при высоких температурах. Теплофизические свойства твердых тел при высоких температурах// Б.Е.Неймарк, Б.Р. Бродский. – М.: Изд-во стандартов, 1969. – С.76-80.
13. 13.Сафаров М.М. Тепловое расширение и удельная теплоемкость сплавов алюминия системы Al+2.18Be+Y с дефектами кристаллической решетки в интервале тем-ператур 80-673К.// М.М.Сафаров, К.А.Самиев, А.М. Сафаров, Х.О.Одинаев, И.Н.Ганиев. Сб. тр. Международной конференции посвященной 70-летию чл. корр. РАН И.К.Камилова “Фазовые переходы, критические и нелинейные яв-ления в конденсированных средах”, 21-24 ноября 2005 г. – Махачкала, 2005. – С.167.
14. 14.Теплофизические измерения и приборы/Е.С.Платунов, С.Е.Буравой. В.В. Курепин, Г.С.Петров; Под общ.ред. Е.С.Платунова.-Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд., 1986. – 256 с.
15. 15.Ивлиев А.Д. Высокотемпературный фазовый переход в неодиме и празеодиме// А.Д. Ивлиев, В.Е. Зиновьев. ФТТ.– 1981.– Т. 23 – С. 1190 – 1192.
16. Новиков С.И. Тепловое расширение твердых тел// С.И. Новиков. – М.: Наука, 1974. – 291 с.

REFERENCE LITERATURE

1. Magomedov R.M. Thermophysical properties of solid solutions of ceramics SiC (1-x) AlN (x). // R.M. Magomedov, G.G. Gadzhiev, Sh.M. Ismailov. Sat. tr. International conference “Phase transitions, critical and nonlinear phenomena in condensed media”, September 21-25, 2004 - Makhachkala, 2004. - 429 p.
2. Rizoev S.G. Thermal and electrophysical properties of aluminum-copper-silicon-antimony alloys depending on temperature / S.G. Rizoev. Disser. on co-search Cand. tech. sciences. Dushanbe, 2004 .- 156 p.
3. Kozhenikov I.G. Thermophysical properties of materials at low temperatures: Handbook. – 2-nd ed., Rev. and additional / I.G. Kozhenikov, L.A. Novitsky. –M .: Mechanical engineering, 1982. - 328 p.
4. Aliyev M.A. Structural phase transitions in multicomponent alloys with combined methods of carrying out plastic deformation // M.A. Aliev, A.R. Velikhanov. Sat. tr. International conference “Phase transitions, critical and nonlinear phenomena in condensed media”, September 21-25, 2004.- Makhachkala, 2004. - P.415-418.
5. Stepanova V.F., Stepanov A.Yu. Armature. Composite polymer // V.F. Stepanova, A.Yu. Stepanov. - 2013 .- P. 101-200.
6. Frolov N.P. Technology of fiberglass reinforcement // Fiberglass reinforcement and fiberglass concrete structures / N.P. Frolov. 1st ed. - M .: Stroy-publishing house, 1980. - P. 20.-104.
7. Zinoviev V.E. Thermophysical properties of metals at high temperatures: Handbook // V.E. Zinoviev. - M .: Metallurgy, 1989 .- 382 p.
8. Zinoviev V.E. Kinetic properties of metals at high temperatures: Handbook // V.E. Zinoviev. - M .: Metallurgy, 1984 .- 200 p.

9. Buravoy S.E. Prospects for the study of thermophysical properties by monotonic mode methods // S.E.Buravoy, E.S. Platunov, V.V. Kurepin. Materials of the 5th International Thermophysical School, September 20-24, 2004. Part 1. Tambov: Ed. TSTU. - P. 66-74 p.
10. 10.Podderni R.Yu. Investigation of the specific isobaric heat capacity of a two-component hydraulic system of a mining machine depending on temperature // R.Yu. Poderni, Sh.Z. Nazhmudinov, M.M. Safarov, N.U. Tagoeva. Mining information and analytical bulletin. 2007. No. 12. - P. 331-337.
11. Safarov M.M. Method for determining the coefficient of linear expansion of solids in a wide temperature range and a device for its implementation // M.M. Safarov, K.A. Samiev. Patent of the Republic of Tajikistan, MPK8, C 21D 1/70; H 05B 6.08, No. 07001001, dated 4.04.2007.
12. Neimark B.E. Experimental study of thermal expansion of refractory metals at high temperatures. Thermophysical properties of solids at high temperatures // B.E. Neimark, B.R. Brodsky. - M .: Publishing house of standards, 1969. - P.76-80.
13. Safarov M.M. Thermal expansion and specific heat of aluminum alloys of the Al + 2.18Be + Y system with crystal lattice defects in the temperature range 80-673 K. // M.M. Safarov, K.A. Samiev, A.M. Safarov, Kh.O. Odinaev, I.N. Ganiev. Sat. tr. International conference dedicated to the 70th anniversary of member. corr. RAS IK Kamilova "Phase transitions, critical and nonlinear phenomena in condensed media", November 21-24, 2005 - Makhachkala, 2005. - P.167.
14. Thermophysical measurements and devices / E.S. Platunov, S.E.Buravoy. V.V. Kurepin, G.S. Petrov; Under the general ed. ES Platunova.-L .: Mechanical engineering. Leningrad. Det., 1986 . – 256 p.
15. Ivliev A.D. High-temperature phase transition in neodymium and praseodymium // A.D. Ivliev, V.E. Zinoviev. FTT. - 1981. - T. 23 - P. 1190 - 1192.
16. Novikov S.I. Thermal expansion of solids // S.I. Novikov. - Moscow: Nauka, 1974 .- 291 p.

ГАРМИҒУНҶОИШИ ОҲАН ВА АРМАТУРАИ КОМПАЗИТӢ

Арматураи композити барои бунёди ҳама гуна намуди биноҳо (истиқоматӣ, ҷамъиятӣ, саноатӣ), аз ҷумла биноҳои камошёна, болопӯшҳо ба таври васеъ истифода бурда мешаванд. Инчунин, истифодабарӣ ҳангоми корҳои бетонӣ барои мустаҳкамкунии қабатҳои деворҳо ва ҳатто дар вақти мавсими зимистон барои мустаҳкамии қабатҳои девор пурра истифода бурда мешаванд. Татқиқотҳои назариявӣ ва таҷрибавӣ барои муайян кардани хосиятҳои гармиғунҷоиши хос ва коэффисиентҳои васеъшавии гармии композити арматур дар ҳароратҳои гуногун ва, инчунин, татқиқи механизмҳои муҳимми додани энергияи гармӣ барои ин маводҳо ҳангоми шартҳои додашуда муайян карда мешаванд. Монотонӣ тағйир ёфтани хосиятҳои гармиғунҷоиши хоси маводи татқиқотии композити арматур ҳангоми ба даст овардани ҳисобиҳои назариявӣ вобаста ба ҳарорат иваз мешаванд.Муодилаҳои эмпирикӣ барои ҳисоб кардани гармиғунҷоиши хос дар ҳароратҳои гуногуни T = (298÷380)К, ба даст оварда шудааст. Ба даст овардани маълумотҳо оид ба гармиғунҷоиши хоси композити арматур ва хатти васеъшавии системаҳои ду ва бисёркомпонентаи композити арматур, ки барои ҳисобкуниҳои муҳандисӣ, тартиб додани моделҳои кимиёвӣ ва математикӣ, барои интихоби реҷаҳои гармии кори механизмҳои физикӣ ва, инчунин, дар сохтмон барои иморатҳои якқабата ва дуқабата, ки истифода бурдан мумкин аст, ҳисоб карда шудааст. Арматураи пешниҳодгардида барои баланд бардоштани мустаҳкамии таркиби бетон аз усули анкеркунӣ ва истифода барои биноҳои камошёна ва болопӯшҳо пешниҳод карда мешавад. Истифодабарии усули анкеркунӣ яке аз хусусиятҳои бо эътимоди мустаҳкамкунии таркиби бетон мебошад ва инчунин роҳҳои пешгирии усулҳоикоррозиониро ҳангоми истифодабарии композитхо бо омехтаи бетон барои истифодабари дар хонаҳои камошёна ва болопӯшҳо ба роҳ монда шудааст.

Калидвожаҳо: арматураи композитӣ,оҳан, ҳарорат, гармиғунҷоиши хос, зангзанӣ, мустаҳкамкунӣ.

ТЕПЛОЕМКОСТИ ЖЕЛЕЗА И КОМПОЗИТНЫХ АРМАТУР

Композитная арматура широко используется в строительстве любых видов зданий (жилых, общественных, промышленных), в строительстве малоэтажных зданий и коттеджей. Ее также применяют в бетонных конструкциях, для слоистой кладки стен с гибкими связями, при ремонте и демонтаже поверхностей конструкций из железобетона и кирпича, даже и в зимнее время, когда в раствор для кладки вводятся ускорители твердения и противоморозные добавки, которые приводят к коррозии арматуры выполненной из стали. Арматура, полученная представленным методом, обладает повышенными анкерующими свойствами в среде бетонна, надежным креплением спиралеобразной обмотки на силовом стержне, а также повышенными физико-механическими качествами. В дорожно-строительной отрасли АБП применяется возведения насыпей, для создания дорожных элементов, устройстве покрытий, которые очень часто подвержены негативному влиянию против гололёдных реагентов, для смешанных элементов дорог (типа «асфальтобетон — рельсы»). Широко используют этот материал при укреплении откосов дорог, в строительстве мостов (проезжая часть, ездовое полотно пролётных строений, опоры диванного типа), при укрепительных мероприятиях берегов, в виде сеток в основание асфальта. В статье представлен результаты экспериментальных исследований теплофизических параметров композитных арматур при различных температурах. Для измерения теплоемкости исследуемых материалов использован метод монотонного разогрева.

Ключевые слова: композитные арматуры, железа, температура, теплоемкость, анкер, коррозия, крепления

HEAT CAPACITY OF IRON AND COMPOSITES OF REINFORCEMENT

Composite reinforcement is widely used in the construction of all types of buildings (residential, public, industrial), in the construction of low-rise buildings and cottages. It is also used in concrete structures, for layered masonry of walls with flexible bonds, during the repair and dismantling of surfaces of structures made of reinforced concrete and bricks, even in winter, when hardening accelerators and antifreeze additives are introduced into the mortar for masonry, which leads to corrosion of reinforcement made of steel. The reinforcement obtained by the presented method possesses increased anchoring properties in a concrete environment, reliable fastening of a spiral-shaped winding on a power rod, as well as improved physical and mechanical properties. In the road construction industry, BPR is used

for the erection of embankments, for creating road elements, for paving, which are very often subject to a negative effect against ice reagents, for mixed road elements (such as "asphalt concrete - rails"). This material is widely used in strengthening the slopes of roads, in the construction of bridges (carriageway, sledges of span structures, couch-type supports), in strengthening the banks, in the form of nets in the base of asphalt. The article presents the results of experimental studies of the thermophysical parameters of composite reinforcement at different temperatures. The method of monotonic heating was used to measure the heat capacity of the materials under study.

Keywords: composite reinforcement, temperature, heat capacity, asphalt concrete, anchor, corrosion, reinforcement.

Маълумот дар бораи муаллифон: ***Зарипов Шерали Абдуқодирович*** – Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, доктор Ph.D. Суроға: 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯч. Айнӣ, 267.. Тел.:93 116 16 09. E-mail: zaripov.sherali@ mail.ru
Кобулиев Зайналобудин Валиевич – Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, доктори илмҳои техникӣ, профессор, узви вобастаи АМИТ, мудири озмоишгоҳ. Суроға: 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯч. Айнӣ, 267. E-mail kobuliev.zainalobuddin@mail.ru.
Зарипов Ҷамшед Абдусаломович – Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С.Осимӣ, номзади илмҳои техникӣ, и. в. дотсенти кафедраи техника ва энергетикаи гармоӣ. Суроға: 734042,, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, академикҳо Раҷабовҳо, 10. Тел.: 919 62 33 26. E-mail: jz–1972@mail.ru.

Сведения об авторах: ***Зарипов Шерали Абдукодирович*** – Институт водных проблем, гидроэнергетика и экология НАНТ, доктор Ph.D. Адрес: 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 267. Тел.:931161609. E-mai: zaripov.sherali@ mail.ru
Кобулиев ЗайналобудинВалиевич – доктор технических наук, профессор, корреспондент НАНТ, заведующий лабаратория Институт водных проблем, гидроэнергетика и экология НАНТ. Адрес: 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 267. E-mail kobuliev.zainalobuddin@mail.ru.
Зарипов Джамшед Абдусаломович – Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими, кандидат технический наук, и.о. доцент кафедры техника и теплоэнергетика. Адрес: 734042, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. академики Раджабовых, 10. Тел.: 919623326, E-mail: jz–1972@mail.ru.

Information about the authors: ***Zaripov Sherali Abdykadyrovich*** – Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology National Academy of Sciences of Tajikistan, Ph.D. Address: 734063, Republic of Tajikistan, Dushanbe, st. Aini, 267. E-mail zaripov. sherali @ mail.ru).
Kobuliev Zainalobudin Valievich – Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology National Academy of Sciences of Tajikistan, Doctor of technical Sciences, Professor, laboratory manager Address: 734063, Republic of Tajikistan, Dushanbe, st. Aini, 267. E-mail kobuliev.zainalobuddin@mail.ru.
Zaripov Jamshed Abdusalomovich – Tajik Technical University named after M. S. Osimi, Candidate of Technical Sciences, Acting Associate Professor of the Department of Engineering and Heat Power Engineering. Address: 734042, Republic of Tajikistan, Dushanbe, st. Academicians Radjabovs, 10. Phone: 919 62 33 26, E-mail: jz-1972@mail.ru.

УДК. 536.12.46

КОЭФФИЦИЕНТ АДСОРБЦИИИ МАССОПЕРЕНОСА РУТЕНОВОГО КАТАЛИЗАТОРА ДЛЯ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ ДВС

Холиков М.М., Сафаров М.М.
Политехнический институт Таджикского технического Университета им.ак. М.С. Осими в городе Худжанде.
Таджикский технический университет им. ак. М.С. Осими

Адсорбция является процессом избирательной пути поглощения газов или паров жидким поглотителем. При невступлении в химическое воздействие поглощаемого компонента с абсорбентом, такой процесс может носить название физической абсорбции [23].

Свое подтверждение получает положительное развитие и кинетика процесса адсорбции пара воды при помощи активного глинозема и силикагеля, при прохождении процесса адсорбции во время проведения многочисленных опытов, исследованные путем выявления числа закономерностей динамической адсорбции, которые используются при расчете адсорбера и исследовании теоретических гипотез о динамике адсорбции [6, с.57].

Для того чтобы выявить значения водяного пара, проводилось исследование кинетики адсорбции, поглощаемый придвижении воздуха в слое адсорбента по единице зерна, при котором задается промежуток времени или большие объемы [1, с.87].

Принятые образцы для исследования состояли из чистого вида гранулированного пористого оксида алюминия, в том числе и из образца, состоящего из 20 процентов рутения, распространявшие комнатную температуру.

Металлы рутениевых пород могут быть использованы на катализаторах выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания автомобилей с целью понижения выбросов, вредных для экологии [21, с. 5].

Устройства автомобиля, проводившие отработанные газы двигателя через себя – катализаторы, могут нагреваться и их рабочая поверхность окисляется. Как известно, при преобразовании оксида углерода (CO) образовывается углекислый газ CO_2и H_2O, вместе с тем, в зависимости от каталитических способностей рутения, платины, палладия, иридия и родия, которые используются в качестве катализаторов в автомобилях, преобразовываются окислы азота NO_x в молекулярный азот N_2 и пары воды [10, с.90, 23]. Из-за разнородности структуры горючей смеси в камере сгорания двигателя автомобилей, также из-за неустойчивости температуры и давления в его составе, формируются окислы азота NO_x, угарного газа и углеводородов CH.

Рутений в большинстве химических реакциях, в основном используется как сорбент водорода, и как катализатор. К примеру, можем рассмотреть синтез синильной кислоты из аммиака и метана, при реакции водорода и оксида для получения предельного углеводорода. Рутений как катализатор может проявляться при реакции глицерина, при гидрировании многоатомных спиртов из целюлозы. Металлоорганические соединения Ru могут применяться для гомогенного катализа для различных гидрационных реакций. Структура этих соединений состоит из высокопрочных сплавов. Часто рутений используется вместо родия или иридия в сплавах с платиной и палладием. Может использоваться в качестве краски для фарфора комплексная аммонийная соль рутения «рутениевая красная», его соединения могут применяться как стойкий краситель стекле и эмалей. Совместно с платиной рутений, чаще всего используется для увеличения его каталитической активности [20, с.6].

При реакциях, для разложения гидразина, рутениевым катализаторам отводится второе место после иридиевых, при этом они имеют свое самостоятельное применение каталитических пакетах РД, впрочем, из за их активности относительно иридиевых, более целесообразноеприменение они получили в газогенераторах,при разложении аммиака

(продукт разложения гидразина).Диспергированныйметалический рутений в рутениевых катализаторах является активным компонентом и расделён равномерно на поверхности носителя [20, с. 8, 22]. Изменение массы оксида алюминия при различных фракциях зависит от длительности опыта, которые были выявлены исследованиями.

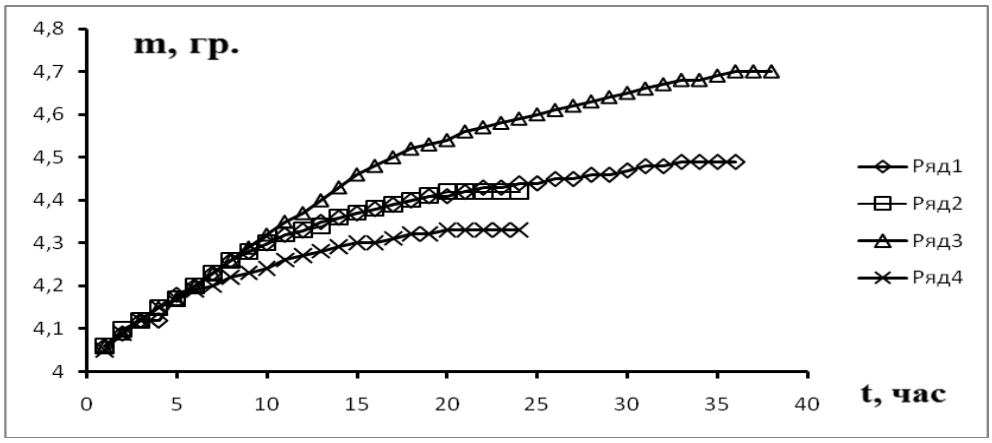
В таблицах 1. [16, с. 64, 7, с.56; 13; 17, с.78] приводятся итоги расчетов при опытах.

Таб.1. Изменения массы объекта в процессе увлажнения различными водами
Tab.1. Changes in the mass of an object in the process of moistening with different waters

	Чистая вода		Раствор NaCl	
t, ч	Al_2O_3 (2-3) мм	Al_2O_3Ru (1-2) мм	Al_2O_3(2-3) мм	Al_2O_3Ru (1-2) мм
1	4,06	4,06	4,06	4,05
2	4,09	4,10	4,09	4,09
3	4,12	4,12	4,12	4,12
4	4,12	4,15	4,15	4,15
5	4,18	4,17	4,17	4,17
6	4,20	4,20	4,20	4,19
7	4,23	4,23	4,23	4,20
8	4,26	4,26	4,26	4,22
9	4,28	4,28	4,29	4,23
0	4,3	4,30	4,32	4,24
11	4,32	4,32	4,35	4,26
12	4,33	4,33	4,37	4,27
13	4,35	4,34	4,40	4,28
14	4,36	4,36	4,43	4,29
15	4,37	4,37	4,46	4,30
16	4,38	4,38	4,48	4,30
17	4,39	4,39	4,50	4,31
18	4,4	4,40	4,52	4,32
19	4,41	4,41	4,53	4,32
20	4,41	4,42	4,54	4,33
21	4,42	4,42	4,56	4,33
22	4,43	4,42	4,57	4,33
23	4,43	4,42	4,58	4,33
24	4,44	4,42	4,59	4,33
25	4,44	-	4,60	-
26	4,45	-	4,61	-
27	4,45	-	4,62	-
28	4,46	-	4,63	-
29	4,46	-	4,64	-
30	4,47	-	4,65	-
31	4,48	-	4,66	-
32	4,48	-	4,67	-
33	4,49	-	4,68	-
34	4,49	-	4,68	-
35	4,49	-	4,69	-
36	4,49	-	4,70	-
37	-	-	4,70	-
38	-	-	4,70	-

Рис. 1.График изменения массы, в процессе увлажнения пористого гранулированного оксида алюминияразличными водами, оксид алюминий с наполнением рутения (20%)

Fig.1. Graph of mass change in the process of moistening porous granular alumina with various waters, alumina with ruthenium filling (20%)



На рисунке 1 показано, что при комнатной температуре масса объектов в среде паров воды в начале линейно увеличивается, затем идут по кривым, потом по линии насыщения. Сначала оксиды алюминия хорошо смачиваются парами воды (прямолинейно), постепенно смачивание уменьшается (кривые), а в то время как пары воды захватывают все свободное пространство окиси алюминия, они больше не смачиваются (линии насыщения). Отсюда делается вывод, смачивание зависит от характера и структуры пористой гранулированной окиси алюминия.

Зависимость массы окиси алюминия от времени при температуре 293 К идет сначала линейно, а далее по кривым идут линии насыщения. Прямые линии показывают, что катализатор всасывает водяной пар. А в то время, когда поры катализатора пусты и постепенно заполняются парами воды, идут кривые линии. После заполнения всех пор линии становятся прямыми, т.е. происходит процесс насыщения [7, с.62; 13, с. 62; 17; 14, с.305].

Измерение коэффициентов адсорбции образцов, для исследования на стенде, который изготовил профессор М.М. Сафаров, проводилось во взаимосвязи с температурой и атмосферным давлением. Детальная схема и способы измерения и расчета приведены в [7; 13; 17, с. 307, 15, с. 358].

На этих установках измеряют коэффициента адсорбции, исследуемых объектов, в зависимости от температуры и отдельно при атмосферном давлении[8, с.245; 9, с.56,17].

Используя, данные таблицы 1рассчитываем коэффициент адсорбции исследуемого образца по следующей формуле:

$$\Gamma = \frac{\Delta m}{M \cdot m_1} = \frac{m_2 - m_1}{M \cdot m_1}, \quad \frac{\text{мол}}{\text{г}} \quad (1)$$

здесь: m_2 –вес влажного катализатора, г; m_1 – вепри сухости катализатора, г, М – молярного массы воды, кг/мол. Конечные данные расчётов показаны в таблице 2.

Таб. 2. Коэффициенты адсорбции пористого гранулированного оксида алюминия как в чистом виде и с наполнением рутения(Al_2O_3,Al_2O_3 Ru (20%))при увлажнении различной водой

Tab. 2. Adsorption coefficients of porous granular alumina both in pure form and with ruthenium filling (Al_2O_3,Al_2O_3 Ru (20%)) when moistened with various water

	Чистая вода		Раствор NaCl	
t, ч	Al_2O_3 (2-3) мм	Al_2O_3Ru (1-2) мм	Al_2O_3(2-3) мм	Al_2O_3Ru (1-2) мм
1	0,86	0,83	0,27	0,19
2	1,25	1,42	0,39	0,38
3	1,64	1,61	0,50	0,50
4	2,04	2,01	0,63	0,62
5	2,43	2,40	0,75	0,72
6	2,83	2,81	0,87	0,80
7	3,22	3,19	0,99	0,86
8	3,61	3,58	1,11	0,92
9	3,89	3,90	1,23	0,98
10	4,17	4,18	1,35	1,04
11	4,40	4,38	1,48	1,10
12	4,60	4,57	1,60	1,17
13	4,81	4,78	1,72	1,20
14	5,00	4,97	1,84	1,23
15	5,19	5,17	1,96	1,27
16	5,32	5,29	2,05	1,30
17	5,43	5,40	2,14	1,32
18	5,56	5,53	2,20	1,35
19	5,67	5,68	2,26	1,37
20	5,75	5,76	2,32	1,40
21	5,82	5,76	2,39	1,42
22	5,90	5,76	2,44	1,42
23	5,99	5,76	2,48	1,42
24	6,06	5,764	2,53	1,42
25	6,14	-	2,58	-
26	6,22	-	2,62	-
27	6,31	-	2,65	-
28	6,38	-	2,69	-
29	6,46	-	2,73	-
30	6,54	-	2,77	-
31	6,61	-	2,81	-
32	6,69	-	2,85	-
33	6,77	-	2,88	-
34	6,77	-	2,92	-
35	6,77	-	2,96	-
36	6,77	-	2,99	-
37	-	-	2,99	-
38	-	-	2,99	-

Рис. 2. Зависимости изменения коэффициента адсорбции данногообъектас различними фракциямиот времени, при увлажнении адсорбента (чистая вода)
Fig. 2. Dependences of the change in the adsorption coefficient of a given object with different fractions on time, when the adsorbent is moistened (pure water)

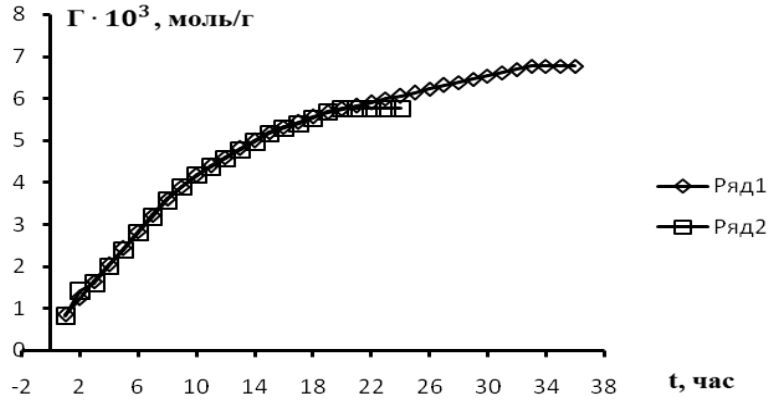
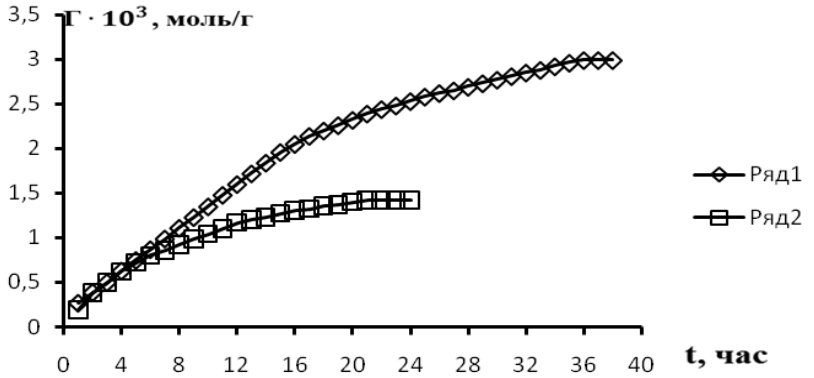


Рис. 3. График, отражающий изменения Г в зависимости от tAl_2O_3, Al_2O_3Ru (20%) при увлажнении растворaNaCl
Fig. 3. Graph reflecting changes in Г depending on t tAl_2O_3, Al_2O_3Ru (20%) when moistening NaCl solution



Как показано в таблице 2 и видно по рисункам 2 и 3, коэффициент адсорбции пропорционально равен поглощению влаги объектом, и при увеличении впитывания объектом влаги, при этом увеличивается и коэффициент адсорбции. Коэффициент адсорбции при выдержки в среде паров чистой воды в течение 1 часа составляет 32 %, а при выдержке, в течение 10 часов – 9 %. Интересно то, что смачивание зависит от среды увлажнения [9, с. 78].

Изменение массы пористой окиси алюминия и в смеси с наполнителями, так и в чистом виде происходит в увлажненной среде. При этом вычисление коэффициента массопереноса становиться возможным[11, с.59, 17, с.356].

По формуле (2), используя полученные результаты из таблицы 3, определяем коэффициент массопереноса:

$$\beta = \frac{\Delta m}{S \cdot t}, \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot c}\right) \quad (2)$$

где β– коэффициент, который учитывает массопереноса, $\left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot c}\right)$; Δm – различность между массой образцаво время увлажнения, (кг);S– общая площадь пор катализатора, (м^2); t– время для увлажнения объектов исследования, час или секунды[7, с.81; 14, с. 243. 15, с.56].

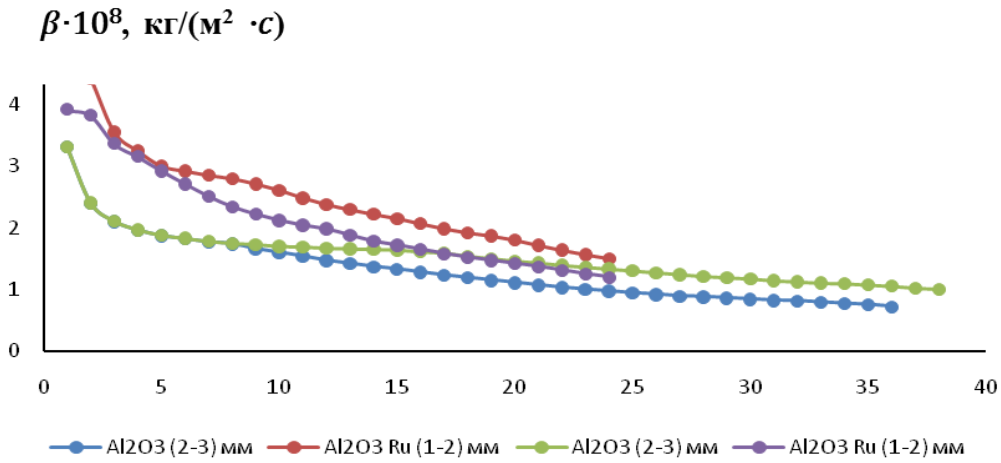
Результаты расчётов приведены в таблице 4.

Таб. 3. Экспериментальные значения коэффициента массопереноса данного объекта в процессе увлажнения различными водами
Tab. 3. Experimental values of the mass transfer coefficient of a given object in the process of moistening with various waters.

	m=4гр			
	Чистая вода		Раствор NaCl	
t, ч	Al_2O_3 (2-3) мм	Al_2O_3R u (1-2) мм	Al_2O_3(2-3) мм	Al_2O_3R u (1-2) мм
1	3,312	5,208	3,31	3,91
2	2,40	4,427	2,40	3,82
3	2,10	3,356	2,10	3,36
4	1,96	3,147	1,96	3,15
5	1,87	3,003	1,87	2,92
6	1,82	2,922	1,82	2,71
7	1,77	2,852	1,77	2,51
8	1,74	2,799	1,74	2,34
9	1,66	2,71	1,72	2,22
10	1,60	2,613	1,69	2,12
11	1,54	2,486	1,68	2,04
12	1,47	2,38	1,66	1,98
13	1,42	2,297	1,65	1,88
14	1,37	2,22	1,64	1,78
15	1,33	2,153	1,63	1,72
16	1,28	2,067	1,60	1,65
17	1,23	1,986	1,58	1,58
18	1,19	1,919	1,53	1,52
19	1,15	1,869	1,49	1,47
20	1,11	1,801	1,45	1,42
21	1,07	1,715	1,42	1,37
22	1,03	1,637	1,38	1,31
23	1,00	1,566	1,35	1,25
24	0,97	1,501	1,32	1,20
25	0,94	-	1,29	-
26	0,92	-	1,26	-
27	0,89	-	1,23	-
28	0,88	-	1,20	-
29	0,86	-	1,18	-
30	0,84	-	1,16	-
31	0,82	-	1,13	-
32	0,81	-	1,11	-
33	0,79	-	1,09	-
34	0,77	-	1,08	-
35	0,75	-	1,06	-
36	0,72	-	1,04	-
37	-	-	1,01	-
38	-	-	0,99	-

Приведенные в таблице данные массопереноса исследуемых катализаторов показывают, что за каждый час увлажнения массопереноса уменьшается (рисунок 4). Установлено, что чем больше концентрация наполнителя, тем меньше коэффициент массопереноса катализаторов.

Рис. 4. Зависимости от коэффициента масопереносаданного объекта в процессе увлажнения различными водами
Fig. 3. Dependences on the coefficient of mass transfer of a given object in the process of humidification with various waters



Как показано на рисунке №4, коэффициент массопереноса понижается, вначале изменения происходят согласно экспоненциальному закону, а в дальнейшем происходит линейно. Учитывая вышеизложенное и полученные результаты опытных исследований, было установлено, что в среднем коэффициент массопереноса относительно всех образцов увлажненных в среде паров воды увеличивается на 37%, а в среде паров натрия хлора на 37,2%. Таким образом, увеличение коэффициента массопереноса в среднем достигает 37 %, а увлажненного в среде натрия хлора до 37,2%. Разница между результатами, полученных в разных средах увлажнителей за час опыта составляет 7-10 %.

Выводы

1. Рутений применяется в качестве сорбента водорода и катализатором для многочисленных химических реакций.

2. Из таблицы 1 видно, что при выдержке объекта в среде паров различного количества воды, их масса увеличивается.

3. Согласно рисункам 2 и 3, при увеличении срока увлажнения, первоначально линейно увеличивается коэффициент адсорбции, затем проводятся кривые насыщения. Рост увеличения, прежде всего зависит от размеров пор катализатора. В течении конвекции, оксид алюминия разнообразных величин, при этом увлажняются. По этой причине изменяется масса оксидов алюминия.

4. Согласно рисунке 4, с увеличением срока увлажнения коэффициент массопереноса понижается. Вначале, изменения происходят согласно экспоненциального закона, а в дальнейшем происходит линейно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дуплякина, В.К. Зарубежные каталитические процессы нефтепереработки, нефтехимии и переработки газов. /В.К.Дуплякина, Е.Н. Богданец/ Справочник – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2001. - 244с.

1. 2.Исмагилов, З.Р. Алюмооксидные носители: производство, свойства и применение в каталитических процессах защиты окружающей среды:Аналит. обзор/З.Р.Исмагилов, Р.А.Шкрабина, Н.А.Корябкина // - Новосибирск, 1998. -82с.
2. Левин, О.В. Усовершенствование катализаторов гидроочистки бензиновых и дизельных фракций путем оптимизации текстуры носителя /О.В. Левин, дис….. канд. хим. наук: 02.00.15. Казань. - 2002. - 142 с.
3. Лозе, Ж. Толковый словарь по почвоведению. /Ж. Лозе, К. Матье// Пер. с франц. – М.: Мир, 1998. –398 с.

4. Маджидов, Х. Влияние температуры, концентрации рутения и газа наполнителя на теплофизические характеристики засыпки пористой гранулированной окиси алюминия./ Х. Маджидов, С. Зубайдов // Теплофизика высоких температур.-1988. Т. 26.-№ 4. - с. 830.

5. 6.Мирзомамадов, А.Г. Теплопроводность, температуропроводность, адсорбционные свойства увлажненных медных и никелевых катализаторов на основе пористой гранулированной окиси алюминия. /А.Г. Мирзомамадов. // дис…. к. т. н. Душанбе. 2017. 176 с.
6. **7.**Мирзомамадов, А.Г. Теплопроводность, температуропроводность, адсорбционные свойства увлажненных медных и никелевых катализаторов на основе пористой гранулированной окиси алюминия. /А.Г. Мирзомамадов, дис…. канд. тех. наук. – Душанбе, 2017. – 176 с.

7. Мирзомамадов, А.Г. Исследование коэффициента массоотдачи и адсорбции для окиси алюминия с наполнителями меди в среде паров воды. /М.М. Сафаров, А.Г. Мирзомамадов.// Междунар.науч.-техн. конф. Посвя-щённая 105-летию со дня рождения А.Н. Плановского: Сб. науч. трудов Т.1 М., 2016.–С. 242-246.
8. Мирзомамадов, А.Г. Тепло-,масоотдачи катализаторов на основе пористой гранулированной окиси алюминия. / А.Г. Мирзомамадов, М.М. Сафаров// I Междунар. науч.-прак.конф.«Проблемы и перспективы современной науки». – М.: 2015.– С. 52-57.
9. Стопорева, Т.А. Павлова Ю.В. Уровни вредных выбросов транспортных дизелей./ Т.А.Стопорева , Н.Н. Грабовская, А.А. Унгефук, Ю.В. Павлова// Ползуновский вестник, 2009. -№1-2. - С. 88-92.
10. Сафаров, М.М. Взаимосвязь теплопроводности и коэффициента массоотдачи иридиевых катализаторов на основе гранулированной окиси алюминия./М.М. Сафаров, Х.Х. Назаров, С.С. Абдуназаров, Д.Ш. Хакимов, Д.А.Назирмадов, С.С. Рафиев, А.Р. Раджабов.// *Вестник* Таджикского национального университета, (научный журнал), Серия естественных наук, Душанбе, Сино, 2016, №1/4 (216),С.56-61.
11. 12.Сафаров, М.М. Влияние влажности на изменение теплопро-водности металлических катализаторов на основе гранулированной пористой окиси алюминия. /М.М. Сафаров, А.Г. Мирзомамадов, С.С. Абдуназаров, З.Ю. Норов, Д.Ш. Хакимов, Д.А. Назирмадов, С.С. Рафиев, А.Р. Раджабов, С.Г. Ризоев// Вестник Таджикского национального университета (научный журнал), Серия естественных наук. - Душанбе, 2016, 1/4 (216). – С.71-76.
12. Сафаров М.М. Теплофизические свойств гранулированной пористой окиси алюминия содержащей металический наполнители в газовых средах/ М.М. Сафаров. Дис.....к.т.н., Душанбе, 1986. - 195с
13. Сафаров, М.М. Взаимосвязь теплопроводностью и коэффици-ента адсорбции иридиевых катализаторов на основе гранулированной пористой окиси алюминия. /М.М. Сафаров, С.С.Абдуназаров, Ш.А. Аминов, Д.А. Назримадов, А.Г. Мирзомамадов, С.К. Сафаров.//Десятая Международная теплофизическая школа, “Теплофизические исследования и измерения при контроле качества веществ, материалов и изделий” Душанбе– Тамбов. 2016. – С. 301-308.
14. Сафаров, М.М. Норов З.Ю., Определение коэффициента массоотдачи полимера (пентэласт) в процессе увлажнения при различном количестве. / М.М. Сафаров, Б.М. Махмадиев, Ш.А. Аминов, С.Г. Ризоев, С.К. Сафаров// Десятая Международная теплофизическая школа, “Теплофизические исследования и измерения при контроле качества веществ, материалов и изделий” Душанбе– Тамбов. 2016.- С.355-361
15. 16.Холиков, М.М. Изучения кинетики платинного катализатора цилиндрической формы (AL_2O_3 +1% Pt, (2-3) мм), на основе пористой гранулированной оксиды алюминия/ М.М. Холиков, Д.С. Джураев, М.М. Сафаров//Вестник Таджикского национального университета *(*научный журнал*),* Серия естественных наук. – Душанбе, 2018. №1. - С.61-67.
16. 17.Холиков М.М.Коэффициент адсорбции окиси алюминия цилинд-рический форма для нейтрализации выхлопных газов ДВС. /М.М. Холиков М.М. Сафаров Д.С. Джураев// Ученые записки Худжандского государст-венного университета им.Б.Гафурова.Серия естественных и экономические науки. Худжанд. №2(41). 2017.-С.76-82.
17. Холиков, М.М. Способ и устройства для определения коэффициента адсорбции ферромагнетных наночастиц в зависимости от температуры при атмосферном давлении/М.М. Холиков, М.М.Сафаров, Д.С.Джураев, С.А. Тагоев,С.Г. Ризоев, М.А. Зарипова, А.Г. Мирзомамадов.//Патент Республики Таджикистан № TJ 824, 2016. – 3 с.
18. Холиков, М.М. Плотность и изохорная тепло емкость катализаторов на основе пористой гранулированной оксиды алюминия. /М.М.Холиков, М.М.Сафаров, Д.С.Джураев.// Политехнический Вестник. Серия Интелект. Инновации. Инновации.– Душанбе, №4.(44) 2018.- С.36-40.
19. 20.Холиков М.М.Экспериментальное исследование температуро-проводности теплопроводности и теплоёмкости магнитных жидкостей в зависимости от давление. /М.М.Холиков,М.М. Сафаров, Д.С. Джураев.// Вестник Таджикского национального университета, *(научный журнал), Серия естественных наук.* - Душанбе, 2016, 1/4 (216). - С.216-221.
20. Янин Е.П. Платиновые металлы в окружающей среде (распространенность, источники, техногенное загрязнение, рециклинг) /Е.П.Янин // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды, 2008, № 5. - С. 2–94.

REFERENCES LITERATURE

1. Duplyakina, V.K. Foreign catalytic processes of oil refining, petrochemistry and gas processing. / V.K. Duplyakina, E.N. Bogdanets / Directory - Omsk: Publishing house of OmSTU, 2001 .- 244p.
1. 2.Ismagilov, Z.R. Alumina Supports: Production, Properties and Application in Catalytic Environmental Protection Processes: Analyte. review / Z.R. Ismagilov, R. A. Shkrabina, N. A. Koryabkina // - Novosibirsk, 1998. -82 p.
2. Levin, O. V. Improvement of catalysts for hydrotreating gasoline and diesel fractions by optimizing the texture of the carrier. Levin, dis ... ... cand. chem. Sciences: 02.00.15. Kazan. - 2002 .- 142 p.
3. Lohse, J. Explanatory Dictionary of Soil Science. / J. Lohse, K. Mathieu // Transl. with French - M .: Mir, 1998. –398 p.
4. Madzhidov, X. Influence of temperature, concentration of ruthenium and filler gas on the thermophysical characteristics of the filling of porous granular aluminum oxide./ X. Madzhidov, S. Zubaidov // Thermal physics of high temperatures.-1988. T. 26.-№ 4. - P. 830.
5. 6.Mirzomamadov, A.G. Thermal conductivity, thermal diffusivity, adsorption properties of wetted copper and nickel catalysts based on porous granular alumina. / A.G. Mirzomamadov. // dis…. Ph.D. Dushanbe. 2017. -176 p.
6. 7.Mirzomamadov, A.G. Thermal conductivity, thermal diffusivity, adsorption properties of wetted copper and nickel catalysts based on porous granular alumina. / A.G. Mirzomamadov, dis ... Cand. those. sciences. - Dushanbe, 2017 . - 176 p.
7. Mirzomamadov, A.G. Investigation of the coefficient of mass transfer and adsorption for aluminum oxide with copper fillers in water vapor. / M.M. Safarov, A.G. Mirzomamadov. // International scientific-technical. conf. Dedicated to the 105th anniversary of the birth of A.N. Planovsky: Sat. scientific. Proceedings of T.1 M., 2016.- P. 242-246.

8. Mirzomamadov, A.G. Heat and mass transfer of catalysts based on porous granular alumina. / A.G. Mirzomamadov, M.M. Safarov // I Intern. scientific-practical conference "Problems and prospects of modern science." - M .: 2015. - P. 52-57.
9. Stoporeva, T.A. Pavlova Yu.V. Levels of harmful emissions of transport diesel engines. / T.A. Stoporeva, N.N. Grabovskaya, A.A. Ungefuk, Yu.V. Pavlova // Polzunovsky Bulletin, 2009. -№1-2. - P. 88-92.
10. Safarov, M.M. The relationship of thermal conductivity and mass transfer coefficient of iridium catalysts based on granular aluminum oxide. / M.M. Safarov, Kh.Kh. Nazarov, S.S. Abdunazarov, D.Sh. Khakimov, D.A. Nazirmadov, S.S. Rafiev, A.R. Radjabov. // Bulletin of the Tajik National University, (scientific journal), Series of natural sciences, Dushanbe, Sino, 2016, No. 1/4 (216). -P. 56-61.
11. Safarov, M. M. Influence of humidity on the change in thermal conductivity of metal catalysts based on granular porous alumina. / M.M. Safarov, A.G. Mirzomamadov, S.S. Abdunazarov, Z. Yu. Norov, D.Sh. Khakimov, D.A. Nazirmadov, S.S. Rafiev, A.R. Radjabov, S.G. Rizoev // Bulletin of the Tajik National University (scientific journal), Series of natural sciences. - Dushanbe, 2016, 1/4 (216). - P.71-76.
12. Safarov M.M. Thermophysical properties of granulated porous aluminum oxide containing metal fillers in gas environments / M.M. Safarov. Dissertation ..... Ph.D., Dushanbe, 1986. – 195p.
13. Safarov, M.M. Relationship between thermal conductivity and adsorption coefficient of iridium catalysts based on granular porous alumina. / M.M. Safarov, S. S. Abdunazarov, Sh. A. Aminov, D.A. Nazrimadov, A.G. Mirzomamadov, S.K. Safarov. // Tenth International Thermophysical School, “Thermophysical Investigations and Measurements in Quality Control of Substances, Materials and Products” Dushanbe-Tambov. 2016 .-P. 301-308.
14. Safarov, M.M. Norov Z.Yu., Determination of the coefficient of mass transfer of a polymer (pentelast) in the process of moistening with different amounts. / M.M. Safarov, B.M. Makhmadiev, Sh.A. Aminov, S.G. Rizoev, S.K. Safarov // Tenth International Thermophysical School, “Thermophysical Investigations and Measurements in Quality Control of Substances, Materials and Products” Dushanbe-Tambov. 2016.- P.355-361
15. 16.Kholikov, M.M. Study of the kinetics of a cylindrical platinum catalyst (AL2O3 + 1% Pt, (2-3) mm), based on porous granular aluminum oxides / M.M. Kholikov, D.S. Dzhuraev, M.M. Safarov // Bulletin of the Tajik National University (scientific journal), Series of natural sciences. - Dushanbe, 2018. No. 1. - P.61-67.
16. Kholikov M.M. Coefficient of adsorption of aluminum oxide cylindrical shape for neutralization of exhaust gases from internal combustion engines. / M.M. Kholikov M.M. Safarov, D.S. Juraev // Scientific Notes of the Khujand State University named after B. Gafurov. Series of Natural and Economic Sciences. Khujand. No. 2 (41). 2017.-P.76-82.
17. Kholikov, M.M. Method and device for determining the coefficient of adsorption of ferromagnetic nanoparticles depending on temperature at atmospheric pressure / M.M. Kholikov, M.M. Safarov, D.S. Dzhuraev, S.A. Tagoev, S.G. Rizoev, M.A. Zaripova, A.G. Mirzomamadov // Patent of the Republic of Tajikistan No. TJ 824, 2016. – 3 p.
18. Kholikov, M.M. Density and isochoric heat capacity of catalysts based on porous granular alumina. / M. M. Kholikov, M. M. Safarov, D. S. Juraev. // Polytechnic Bulletin. Intellect series. Innovation. Innovations. - Dushanbe, No. 4. (44) 2018.- P.36-40.
19. Kholikov M.M. Experimental study of temperature-conductivity of thermal conductivity and heat capacity of magnetic fluids depending on pressure. / M. M. Kholikov, M. M. Safarov, D.S. Juraev. // Bulletin of the Tajik National University, (scientific journal), Series of natural sciences. - Dushanbe, 2016, 1/4 (216). - P.216-221.
20. Yanin E.P. Platinum metals in the environment (abundance, sources, technogenic pollution, recycling) / EP Yanin // Scientific and technical aspects of environmental protection, 2008, No. 5. -P. 2–94.

КОЭФФИТСИЕНТ АДСОРБСИЯ ВА МАССАДИҲИИ КАТАЛИЗАТОРИ РУТЕНИЙДОШТА БАРОИ НЕЙТРАЛИЗАТСИЯИ ГАЗҲОИ ИХРОҶШУДАИ МУҲАРРИКИ ДАРУНСӮЗ

Дар мақолаи мазкур маълумотҳо оиди истифодаи катализаторҳои газҳои истифодашудаи муҳаррикҳои дарунсуз оварда шудаанд, ки аз металҳои гуруҳи рутенӣ таркиб меёбанд. Дар нақлиети автомобилӣ катализатор омили асосии кам намудани партовҳои аз ҷиҳати экологӣ зараровар ба шумор мераванд. Катализаторҳои дар автомобил истифодашаванда ин таҷҳизоте аст, ки дар он газҳои истифодашудаи муҳаррикҳои дарунсуз, бо воситаи катализатор гузашта гарм мешаванд ва дар сатҳи кории он оксид мешаванд. Рутейни ҳамчун сорбенти гидроген ва катализатори аксарияти реаксияҳои химиявӣ истифода бурда мешавад. хусусан, онро барои синтези кислотаи синилӣ аз аммиак ва метан, барои ҳосил намудани карбогидратҳои ҳаддӣ аз гидроген ва оксиди карбонат истифода бурда мешавад. Инчунин натиҷаҳои таҳқиқоти таҷрибавии ҷабиши намии оксиди алюминияи Al_2O_3, бо фраксияҳои (2-3мм) ва оксиди алюминияи дар таркибаш рутений (20%) $RuAl_2O_3$бо фраксияи (1-2 мм) дошта, гузаронида шуд. Ба сифати муҳити ҷабанда об ва намакоб интихоб карда шуд. Дар асоси таҳқиқоти таҷрибавӣ ва қонунҳои мувофиқ ҳисоби вобастагии аппроксиматсионӣ ҳосил карда шуд. Мақсади кори мазкур – муайян намудани вазни объект аст, ки дар натиҷаи он зоҳир карда шуд, ки бо тағйир додани вақт вазн ва коэффисиенти адсорбсия зиед шуда, коэффисиенти вазндиҳӣ (массопереноса) кам мешавад. Барои таҳқиқоти кинетикаи катализатор, таҷҳизоти таҷрибавӣ истифода бурда шуд, ки профессор М.М. Сафаров ва шогирдони ӯ коркард кардаанд [1]. Албатта, ҷабиши нами аз таркиб ва хусусиятҳои физики химиявии адсорбент вобаста аст. Натиҷаҳои тадқиқоти хусусиятҳои кинетикии объекти додашуда ҳангоми ҷабиши нами вобаста аз вақт дар ҷадвалҳои 1-3 ва расми 1-3 оварда шудааст. Барои тадқиқоти кинетикии катализатор массаи объекти додашуда оксиди алюминии тозаи донагии намуди силиндршакл бо андозаи (2-3)мм ва оксиди алюминии дар таркибаш 20% рутенийдошта ва бароимассаи 4 гр интихоб шудааст. Вақти умумии ҷабиши нами 38 соатро ташкил дод. Катализатори додашуда дар системаи бароришти газҳои коркардшудаи муҳаррики дарунсӯз барои тозакунии гази CO_2 ба сифати ҷабанда истифо-да бурда мешавад.

Калидвожаҳо: катализатор, безараргардон, блок-баранда, адсорбсия, массадиҳӣ, оксиди алюминий, рутений, фраксия, ҷабиши намӣ, масса, моеъ.

КОЭФФИЦИЕНТ АДСОРБЦИИ И МАССОПЕРЕНОСА РУТЕНОВОГО КАТАЛИЗАТОРА ДЛЯ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ ДВС

В данной статье, приведены сведения о применении катализаторов выхлопных газов ДВС, которые содержат металлы рутениевой группы. На автомобильном транспорте катализатор является основным направляющим фактором снижения экологически вредных выбросов. Автомобильные катализаторы это устройства, в которых отработанные газы ДВС, проходя через катализатор, нагреваются и до окисляются на его рабочей поверхности. Рутений используется как сорбент водорода и катализатор многих химических реакций. В частности, его применяют для синтеза синильной кислоты из аммиака и метана, для получения предельных углеводородов из водорода и оксида углерода. Также приведены результаты экспериментальных исследований поглощения влаги оксида алюминияAl_2O_3,фракциями (2-3) оксида алюминия Ru Al_2O_3 с фракциями 1-2 мм (20%). В качестве влажной среды выбрана дистиллированная вода и натрий хлор. На основе экспериментального исследования и закона соответственных состояний получен расчёт аппроксимационной зависимости. Цель данной работы – определение массы объекта, в результате которой выявлено, что с изменением времени повышается измеряемая масса и коэффициент адсорбции, а коэффициент массопереноса понижается. Для исследования кинетики катализатора, нами использована экспериментальная установка, разработанная профессором М.М.Сафаровым и его ученикам. Конечно, поглощение влаги зависит от структуры, физико-химических свойств адсорбента. Результаты исследования кинетического свойства исследуемого образца при различном времени увлажнения приведены в таблицах 1-3 и рисунках 1-3. Для исследования кинетики катализатора, в качестве образца было выбран 4 г. пористой гранулированного оксида алюминия с размером (2-3) мм, имеющий цилиндрическую форму, оксида алюминия с размером (1-2) мм содержащий 20% рутения. Время выдержки катализатора в эксикаторе равен 38 часам. Данный катализатор используется в системе выпуска отработавших газов ДВС для очистки выбросов от газа CO_2 в качестве поглотителя.

Ключевые слова: катализатор, нейтрализатор, блок-носитель, адсорбция, массопереноса, оксид алюминия,рутений, фракция, поглощение влаги, масса, жидкость.

COEFFICIENT OF ADSORPTION AND MASS-RELEASE OF RUTEN CATALYST FOR NEUTRALIZATION OF EXHAUST GAS OF ICE

This article provides information on the use of catalysts for exhaust gases of internal combustion engines, which contain metals of the ruthenium group. In road transport, the catalyst is the main driver for reducing environmentally harmful emissions. Automotive catalysts are devices in which the exhaust gases of the internal combustion engine, passing through the catalyst, are heated and further oxidized on its working surface. Ruthenium is used as hydrogen sorbent and as a catalyst for many chemical reactions. In particular, it is used for the synthesis of hydrocyanic acid from ammonia and methane, for the production of saturated hydrocarbons from hydrogen and carbon monoxide. The results of experimental studies of moisture absorption of aluminum oxide Al2O3, fractions (2-3) of aluminum oxide Ru Al_2O_3 with fractions of 1-2 mm (20%) are also presented. Distilled water and sodium chlorine were selected as a humid medium. Based on the experimental study and the law of the corresponding states, the calculation of the approximation dependence is obtained. The purpose of this work is to determine the mass of an object, as a result of which it was revealed that with a change in time, the measured mass and the adsorption coefficient increase, and the mass transfer coefficient decreases. To study the kinetics of the catalyst, we used an experimental setup developed by Professor M.M. Safarov and his students [1]. Of course, moisture absorption depends on the structure, physicochemical properties of the adsorbent. The results of the study of the kinetic properties of the test sample at different times of moistening are shown in tables 1-3 and figures 1-3. To study the kinetics of the catalyst, 4 g of porous granular aluminum oxide with a size of (2-3) mm, having a cylindrical shape, aluminum oxide with a size of (1-2) mm, containing 20% ruthenium, was chosen as a sample. The holding time of the catalyst in the desiccator is 38 hours. This catalyst is used in the exhaust system of an internal combustion engine to purify CO_2 gas emissions as an absorber.

Keywords: catalyst, neutralizer, carrier block, adsorption, mass transfer, aluminum oxide, ruthenium, fraction, moisture absorption, mass, liquid.

Маълумот дар бораи муаллифон: ***Холиков Мазбуд Маҳмудович*** – Донишкадаи политехникии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи ак. М.С.Осимӣ дар шаҳри Хуҷанд, муаллими калони кафедраи автомобилҳо ва идоракунии нақлиёт. Суроға: 735700, Ҷумҳурии Тоҷикистон, вилояти Суғд, шаҳри Хуҷанд, 34 м. хонаи 6 кв. 10. **E-mail:** holikov. mazbud@yandex.ru **Тел**.: (+992) 92-758-09-72.

Сафаров Махмадали Махмадиевич - филиали Донишгоҳи давлатии Москва М.В. Ломоносов дар Душанбе, доктори илмҳои техникӣ, профессор. Суроға: 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, кӯч. Бохтар 31/1. **E-mail:**: mahmad1 @ list.ru. Тел.: (+992) 95 163 15 85

Сведения об авторах. ***Холиков Мазбуд Махмудович*** **–** Политехнический институт Таджикского технического университета им.ак. М.С. Осими в городе Худжанде, старший преподаватель кафедры автомобили и управление на транспорте. Адрес: 735700, Республика Таджикистан, Согдийская область, г. Худжанд, 34 мкр. дом 6 кв. 10. **E-mail:** holikov. mazbud@yandex.ru. **Тел.:** (+992) 92-758-09-72.

Сафаров Махмадали Махмадиевич – Филиала МГУ им. М.В. Ломоносова в г. Душанбе, доктор технических наук, профессор. Адрес: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Бохтар 31/1. **E-mail:** mahmad1 @ list.ru. **Тел.:** (+992) 95 163 15 85

Information about authors: ***Kholikov Mazbud Makhmudovich*** – Polytechnic Institute of the Tajik Technical University named after M.S. Osimi in Khujand. Senior Lecturer of the Department of Automobiles and Transport Management **Address**: 735700, Republic of Tajikistan, Sughd region, Khujand city, **E-mail:** holikov.mazbud@yandex.ru. **Phone:** (+992) 92-758-09-72.

Safarov Mahmadali Makhmadievich – Branch of Moscow State University named afterLomonosov in Dushanbe Doctor of Technical Sciences, Professor. **Address**: 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, ul. Bokhtar 31/1. **E-mail**: mahmad1@list.ru. **Phone:** (+992) 93-700-33-14

ХИМИЯ

УДК 66.094:669.715’797

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ОКИСЛЕНИЕАЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АЖ5К10, МОДИФИЦИРОВАННОГО КАЛЬЦИЕМ, В ТВЕРДОМ СОСТОЯНИИ

Ганиев И.Н., Якубов У.Ш., Хакимов А.Х., Джайлоев Дж.Х.
Институт химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана

Введение. В современных материалах должны сочетаться высокие свойства и состава для обеспечения необходимого ресурса и надёжности работы изделий авиационно-космической техники, машиностроения, атомной энергетики, радиотехники, электроники и т.д. В связи с этим особое значение приобретает производство и использование алюминия и его сплавов, обладающих высокой коррозионной стойкостью, механической прочностью и других специфических свойств [1, 2].

Особый интерес для современного машиностроения представляют высокопрочные литейные алюминиевые сплавы со свойствами идентичных деформируемых сплавов. Основным фактором, определяющим механические и технологические свойства литейного сплава, является состав, в том числе и содержание вредных примесей и газов, зависящие от технологии плавки, а также состава исходных материалов и флюсов [3, 4].

Известно, что низкосортный алюминий с повышенным содержанием железа практически не находит применения, за исключением для дегазации и раскисления стали.Отсюда, разработка прецизионных сплавов на основе такого металла путём его легирования третьим элементом является актуальной задачей. Подобный подход позволяет превратить некондиционный металл в нужный и полезный продукт для техники. Иногда, для блокировки отрицательного влияния железа, сплавы легируют марганцем в количествах 0,5-1,0%. В фазе $FeAl_3$ до 1/10 часть атомов железа может замещаться атомами марганца. В результате образуется новая фаза Al_3FeMn. Кристаллы указанной фазы отличаются более компонентной формой в отличие от игольчатой структуры фазы $FeAl_3$ [5-7].

Для изменения формы кристаллов интерметаллида в эвтектике (α-Al+$FeAl_3$), в качестве модифицирующего элемента нами был выбран металлические кальций, как поверхностно активный компонент тройного сплава. Подобный подход позволяет разработать новые композиции сплавов на основе алюминия. Выбор исходного сплава Al+5мас.%Fe+10мас.%Si (АЖ5К10) объясняется тем, что состав данного сплава состоит из эвтектик (α-Al+$FeAl_3$) и (α-Al+Si+$FeSiAl_5$), которые примыкают к алюминиевому углу системы Al-Fe-Si и плавится при температуре 670-727 ^{0}C.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Метод термогравиметрии просторно принимается для исследования кинетики окисления твердых и жидких металлов [8, 9]. Именно этим методом можно получить достоверные и результаты.

Кинетика процесса окисления проводилась по методикам, описанным в работах [10-16]. Схема установки показана на рисунке 1. Основные части установки это печьТаммана, пружина из молибденовой проволоки и катетометр КМ-8, который осуществляет фиксацию изменения веса образцов. На независимой от печи установкеукрепляется пружина в чехле (для исключения вибрации и сотрясения).

Для измерения температуры использовалось термопара из платинородиевой проволоки. Температура с точностью $\pm 2^{\circ}$C регистрировалась с помощью потенциометра ПП-63. Погрешность эксперимента определяется по уравнению

$$K = \frac{(g/S)^2}{t}, \quad (1)$$

где g и S-весь и площадь поверхности образца, t-продолжительность времени окисления.

Для расчета относительной ошибки эксперимента находили сумму относительных ошибок складывающихся из:

$$\frac{\Delta K}{K} = \frac{\Delta g}{g} + \frac{(\Delta S)^2}{s} + \frac{\Delta t}{t}. \quad (2)$$

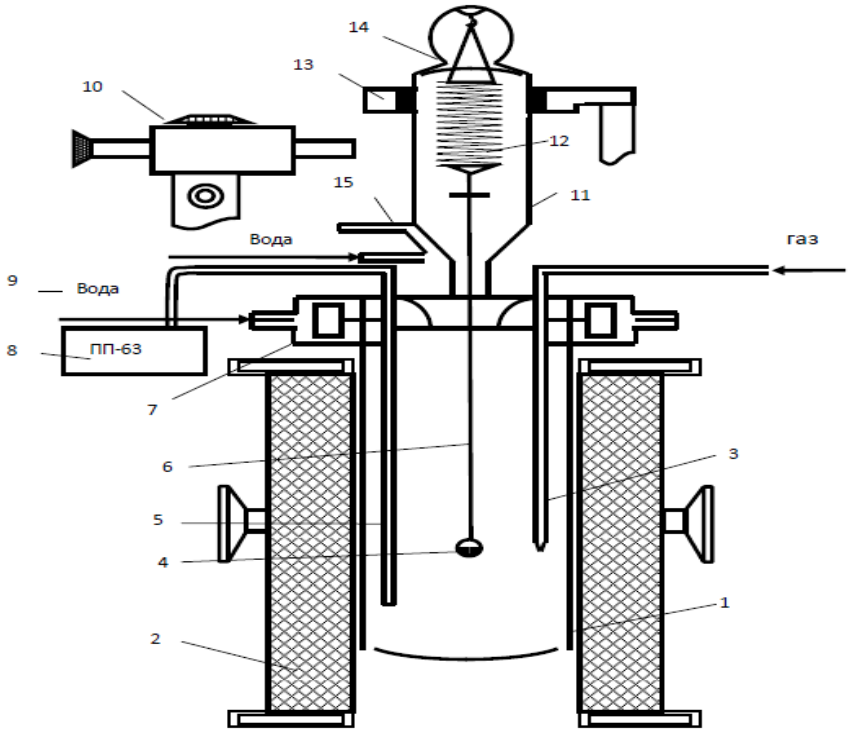
Для выражения в уравнении(2) каждое слагаемое рассматривается отдельно. Точность привеси массы образцов при окислении определялось по формуле:

$$\Delta g / g = (2.71)^2 + (1.5)^2 + 0.027 = 9.61\%. \quad (3)$$

Термогравиметрическим методом изучено влияние добавок кальция на окисление алюминиевого сплава АЖ5К10. Содержание кальция в сплаве составляло 0.01-1.0 мас.%. С точностью $0{,}1 \cdot 10^{-6}$ кг на аналитических весах АРВ-200 были взвешены шихты. Эксперименты проведены при температурах 773, 823 и 873 К в атмосфере воздуха. Результаты исследования обобщены в таблицах 1, 2 и на рисунках 2-5.

Рис. 1. Схема установки для изучения кинетики окисления металлов и сплавов: 1-печь Таммана; 2-чехол из оксида алюминия; 3-газопроводящая трубка; 4-тигель; 5-термопара; 6-платиновая нить; 7-водоохлаждаемая крышка; 8-потенциометр; 9-вода; 10-катетометр; 11-чехол из молибденового стекла; 12-пружина из молибденовой проволоки; 13- подставка; 14-крышка; 15-трон и холодильник.

Fig. 1. Scheme of the installation for studying the kinetics of oxidation of metals and alloys: 1-Tamman furnace; 2-cover made of aluminum oxide; 3-gas pipe; 4-crucible; 5-thermocouple; 6-platinum thread; 7-water-cooled cover; 8-potentiometer; 9-water; 10-cathetometer; 11-case made of molybdenum glass; 12-spring made of molybdenum wire; 13-stand; 14-cover; 15th throne and refrigerator.



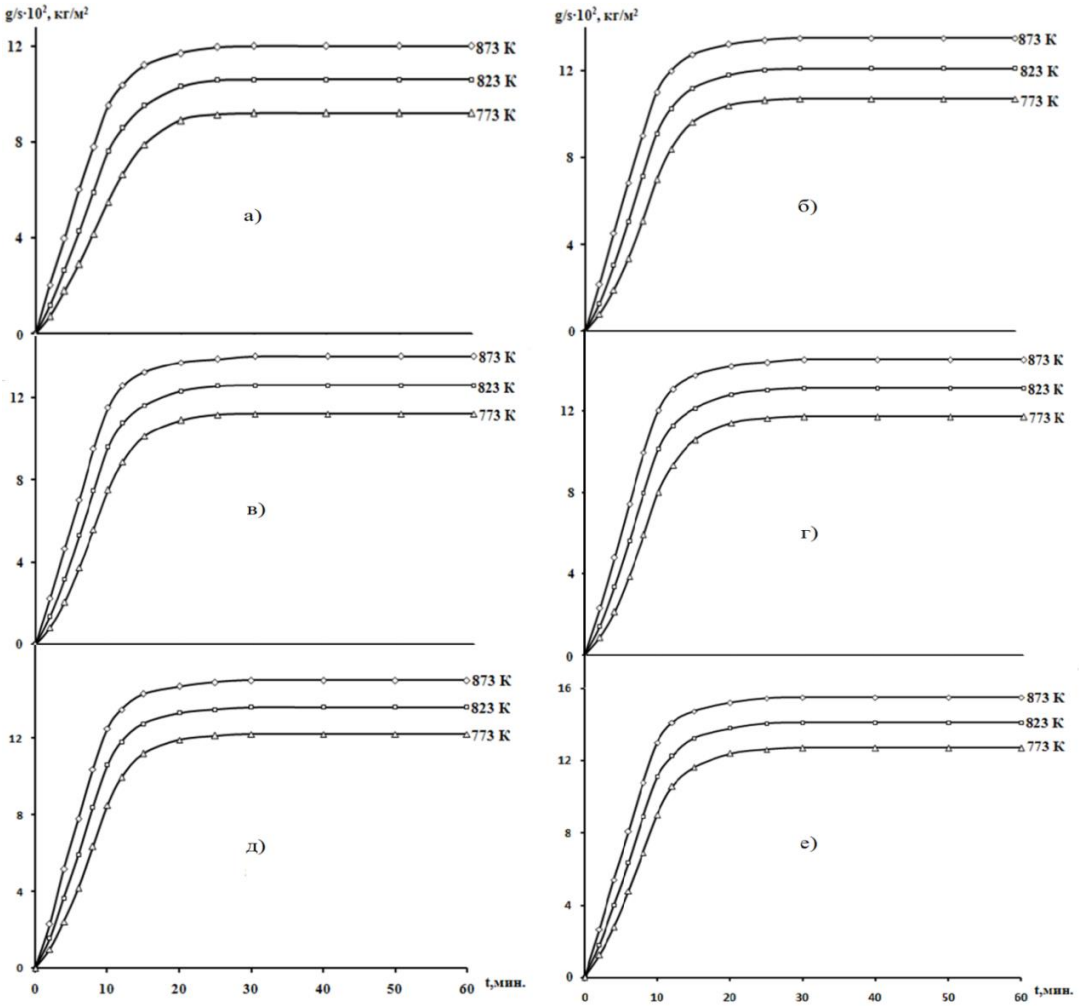
Модифицирование сплава АЖ5К10 до 1,0 мас.% кальцием согласно расчету значений кажущейся энергии активации окисления показало, что скорость окисления повышается, а энергия активации окисления уменьшается от 178,0 до 120,8 кДж/моль (таблица 1).

Табл. 1. Кинетические и энергетические параметры процесса окисления алюминиевого сплава АЖ5К10 с кальцием, в твердом состоянии
Tabl. 1. Kinetic and energy parameters of the oxidation process of the АЖ5К10 aluminum alloy with calcium, in the solid state

Содержание кальция в сплаве, мас.%	Температура окисления, К	Истинная скорость окисления $К \cdot 10^4$, $кг \cdot м^{-2} \cdot с^{-1}$	Кажущаяся энергия активации, кДж/моль
0.00	773 823 873	1.42 1.61 1.76	178.0
0.01	773 823 873	1.72 1.92 2.10	170.3
0.05	773 823 873	1.90 2.13 2.32	159.7
0.10	773 823 873	2.07 2.40 2.56	142.2
0.50	773 823 873	2.28 2.64 2.79	136.5
1.00	773 823 873	2.54 2.91 3.01	120.8

Если сравнить скорости окисления сплавов при одинаковых температурных, то можно увидеть, что у алюминиевого сплава АЖ5К10, содержащего 0.01, 0.05, 0.1, 0.5 и 1.0 мас.% кальция, скорость окисления больше по сравнению с исходным сплавом.Для алюминиевого сплава АЖ5К10, например с содержанием 1.0 % кальция, скорость окисления изменяется при температурах 773, 823, 873 К от $2{,}54 \cdot 10^{-4}$ до $3{,}01 \cdot 10^{-4}$ $кг \cdot м^{-2} \cdot с^{-1}$, а значение энергии активации окисления данного сплава с 1,0 мас.% кальцием, составляет 120.8 кДж/моль (таблица 1).

Рис. 2. Кинетические кривые окисления алюминиевого сплава АЖ5К10 (а), содержащего 0.01(б); 0,05 (в); 0,1 (г); 0,5 (д); 1,0 (е) мас.% кальция, в твердом состоянии
Fig. 2. Kinetic curves of oxidation of the aluminum alloy АЖ5К10 (a), containing 0.01 (b); 0.05 (c); 0.1 (g); 0.5 (d); 1.0 (e) wt% calcium, solid



С повышением температуры скорости окисления образцов из сплавов растёт и в то же время окисление сплавов протекает по-разному (рисунок 2) и первоначально интенсивно растет, но через 20 минут становится ближе к нулю.

На рисунке3 в координатах $(g/s)^2$-t представлены кинетические кривые процесса окисления алюминиевого сплава АЖ5К10 с кальцием. В таблице 2 приведены полученные математической обработкой полиномы квадратичных кривых процесса окисления сплавов. Полученные полиномы свидетельствуют о гиперболическом механизме процесса окисления исследованных сплавов, о чём свидетельствует значение n в уравнении $y=кx^n$, которое составляет n=2÷5.

Рис. 3. Квадратичные кинетические кривые окисления алюминиевого сплава АЖ5К10 (а), содержащего 0.01(б); 0,05(в); 0,1(г) 0,05(д); 0,1(е) мас.% кальция, в твердом состоянии

Fig. 3. Quadratic kinetic curves of oxidation of the АЖ5К10 aluminum alloy (a), containing 0.01 (b); 0.05 (c); 0.1 (d) 0.05 (d); 0.1 (e) wt% calcium, solid

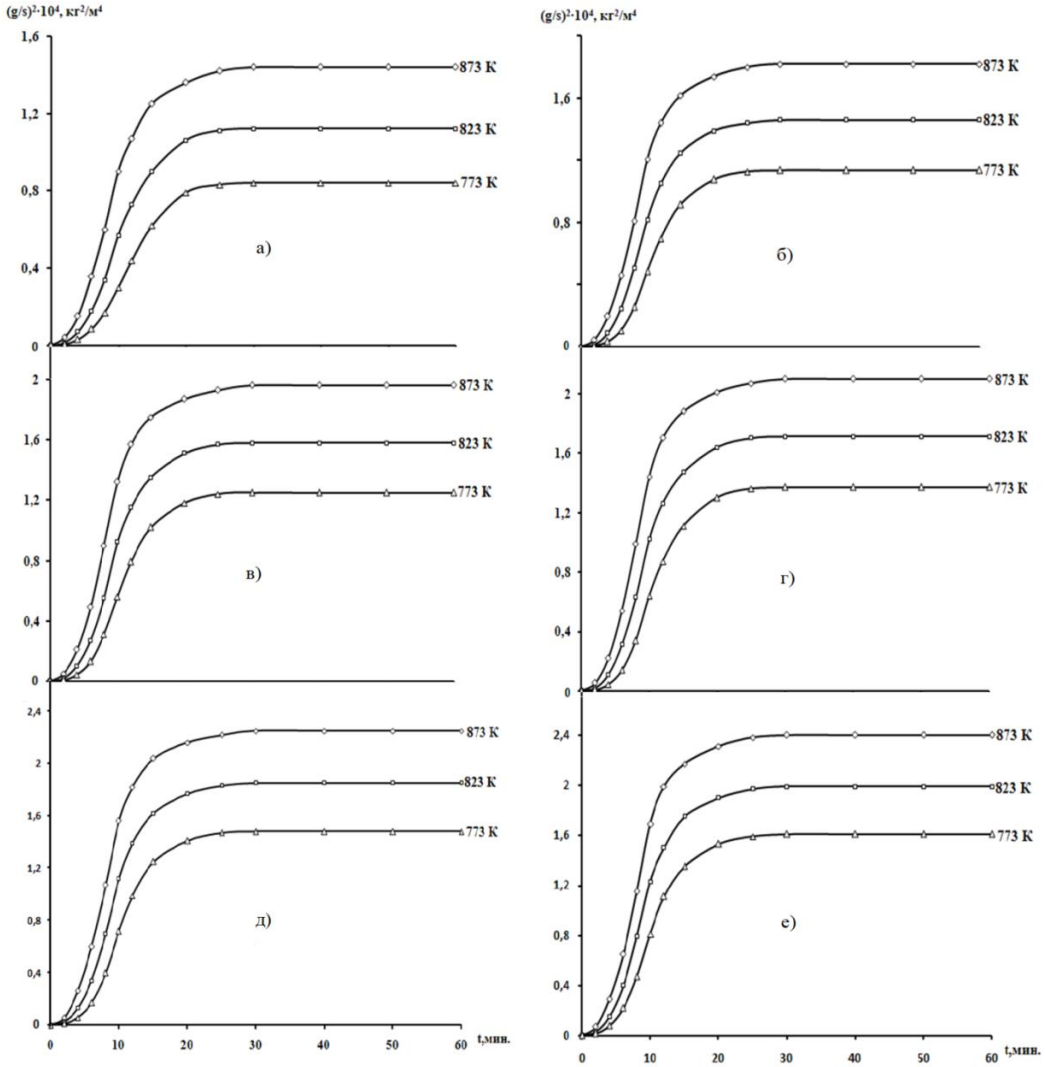


Табл. 2. Результаты математической обработки квадратичных кинетических кривых окисления алюминиевого сплава АЖ5К10 с кальцием, в твердом состоянии
Tabl. 2. Results of mathematical processing of the quadratic kinetic curves of the oxidation of the АЖ5К10 aluminum alloy with calcium, in the solid state

Содержание кальция в сплаве, мас.%	Температура окисления, К	Полиномы квадратичнлх кинетических кривых окисления сплавов	Коэффициент корреляции R,%
0.00	773	$y^{*} = 0{,}3\cdot10^{-5}x^4+0{,}000x^3-0{,}054x^2+1{,}420x^{**}$	0,988
	823	$y = 0{,}001x^3 - 0{,}062x^2 + 1{,}609x$	0,991
	873	$y = 0{,}3\cdot10^{-5}x^4+0{,}000x^3-0{,}059x^2+1{,}736x$	0,996
0.01	773	$y = -0{,}1\cdot10^{-5}x^4+0{,}001x^3-0{,}064x^2+1{,}379x$	0,984
	823	$y = 0{,}001x^3 - 0{,}063x^2 + 1{,}509x$	0,992
	873	$y = 0{,}001x^3 - 0{,}064x^2 + 1{,}646x$	0,997
0.05	773	$y = 0{,}001x^3 - 0{,}061x^2 + 1{,}328x$	0,992
	823	$y = 0{,}000x^3 - 0{,}058x^2 + 1{,}755x$	0,990
	873	$y = 0{,}000x^3 - 0{,}059x^2 + 1{,}565x$	0,996
0.10	773	$y = 0{,}001x^3 - 0{,}060x^2 + 1{,}324x$	0,994
	823	$y = 0{,}001x^3 - 0{,}060x^2 + 1{,}574x$	0,995
	873	$y = 0{,}000x^3 - 0{,}061x^2 + 1{,}755x$	0,993
0.50	773	$y = 0{,}001x^3 - 0{,}060x^2 + 1{,}347x$	0,990
	823	$y = 0{,}001x^3 - 0{,}065x^2 + 1{,}575x$	0,992
	873	$y = 0{,}000x^3 - 0{,}062x^2 + 1{,}765x$	0,995

1.00	773 823 873	$y = 0{,}001x^3 - 0{,}057x^2 + 1{,}367x$ $y = 0{,}001x^3 - 0{,}065x^2 + 1{,}582x$ $y = 0{,}001x^3 - 0{,}057x^2 + 1{,}367x$	0,993 0,995 0,993

y^* – привесьмассы образцов;

x^{**} –продолжительность времени окисления.

Нарисунке4 представлены изохронны окисления сплавов при 10, 20 минута окисления при температурах 773(а) и 873(б) К. Установлено, что с увеличением содержания кальция в исходном сплаве привес образцов и сплавов растут.

Зависимость lgK-1/Тдля алюминиевого сплава АЖ5К10 с добавками кальцияприведена на рисунок 5. Скорость окисления данного сплава, содержащего 1.0% кальция, максимальна и равна $3.01 \cdot 10^{-4}$ кг·м$^{-2}$·с$^{-1}$. Другие составы сплавов по сравнению с этим сплавом имеют меньшее значение скорости окисления.

Рис. 4.Изохронны окисления алюминиевого сплава АЖ5К10 с кальцием при температурах 773 (а) и 873 (б) К

Fig. 4 Isochronous oxidations of the aluminum alloy АЖ5К10 with calcium at temperatures of 773 (a) and 873 (b) K

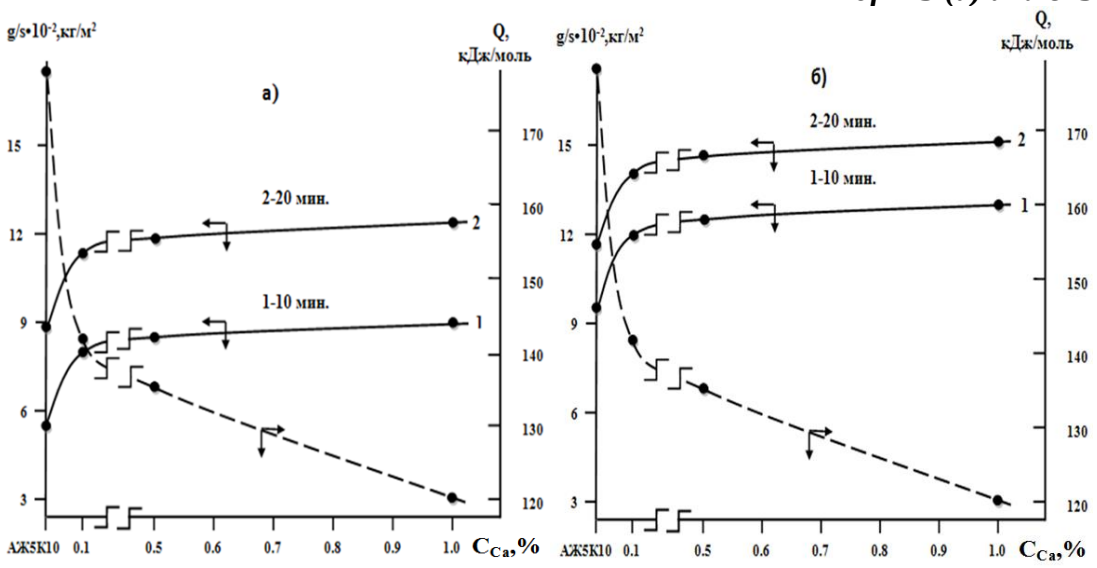
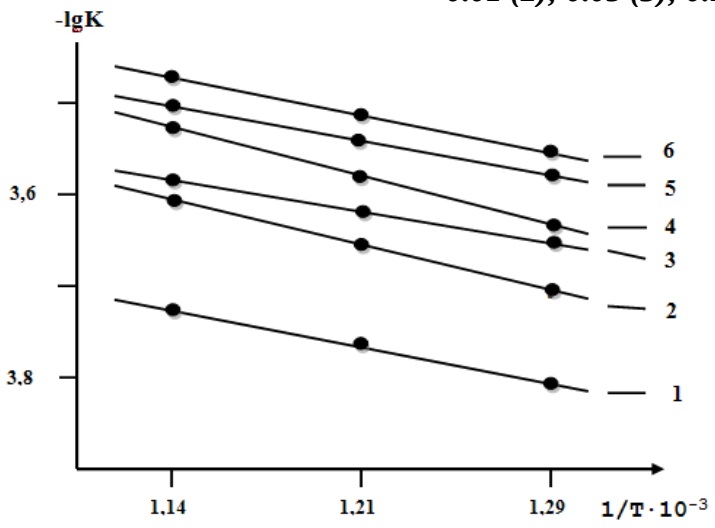


Рис. 5. Зависимость lgK от 1/T для алюминиевого сплава АЖ5К10(1) с кальцием, мас.% 0,01(2); 0,05(3); 0,1(4); 0,5(5); 1,0(6)

Fig. 5. Dependence of logK on 1 / T for the aluminum alloy AZh5K10 (1) with calcium, wt% 0.01 (2); 0.05 (3); 0.1 (4); 0.5 (5); 1.0 (6)



Выводы. Методом термогравиметрии исследована зависимость скорости окисления алюминиевого сплава АЖ5К10 от содержания кальция и температуры. Показано, что скорость окисления сплавов с ростом температуры и концентрации кальция увеличивается. Получены полиномы кривых окисления сплавов и с их помощью установлена, что окисление протекает по гиперболическому механизму.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белецкий, В.М. Алюминиевые сплавы (Состав, свойства, технология, применение) / В.М. Белецкий, Г.А. Кривов. -К.: Комитех, 2005. - 365 с.
2. Луц, А.Р. Алюминий и его сплавы / А.Р. Луц, А.А. Суслина. -Самара: Самарский государственный технический университет, 2013. 81с.
3. Умарова, Т.М. Коррозия двойных алюминиевых сплавов в нейтральных средах / Т.М. Умарова, И.Н. Ганиев. - Душанбе: Дониш, 2007. – 258 с.
4. Дриц, М.Е. Алюминиевые сплавы. Свойства, обработка применение / М.Е. Дриц. -М.: Металлургия, 1979. – 679 с.
5. Chen, X.G. Growth mechanisms of intermetallic phases in DC cast AA1XXX alloys / X.G. Chen // Essential Readings in Light Metals. Cast Shop for Aluminum Production. 2013. Vol. 3. – P. 460-465.
6. Grange, D.A. Microstructure control in ingots of aluminium alloys with an emphasis on grain refinement / D.A. Grange // Essential Readings in Light Metals. Cast Shop for Aluminum Production. 2013. Vol. 3. – P.354-365.
7. Geoffrey, K.S. Fundamentals of Solidification in Aluminum Castings / K.S. Geoffrey // International Journal of Metalcasting. 2014. Vol. 8.Iss. 1. – P. 7-20.
8. Лепинских, Б.М. Окисление жидких металлов и сплавов / Б.М. Лепинских, А. Киташев, А. Белоусов. -М.: Наука, 1973. – 106 с.
9. Лепинских, Б.М. Об окислении жидких металлов и сплавов кислородом из газовой фазы / Б.М. Лепинских, В. Кисилёв // Изв. АН СССР. Металлы. 1974. № 5. – С. 51-54.
10. Зокиров, Ф.Ш. Влияние кальция на кинетику окисления сплава АК12М2 в твердом состоянии / Ф.Ш. Зокиров, И.Н. Ганиев, Н.И. Ганиева, М.М. Сангов // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. 2018. № 4. – С.130-138.
11. Джайлоев, Дж.Х. Кинетика окисления алюминиевого сплава АЖ2.18 с кальцием / Дж.Х. Джайлоев, И.Н. Ганиев, А.Х. Хакимов, Х.Х. Азимов // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. 2018. № 4. – С. 214-220.
12. Назаров, Ш.А. Кинетика окисления сплава Al+6%Li, модифицированного лантаном в твердом состоянии / Ш.А. Назаров, И.Н. Ганиев, IreneCalliari., А.Э. Бердиев, Н.И. Ганиева // Металлы. 2018. № 1. – С.34-40.
13. Назаров, Ш.А. Кинетика окисления сплава Al+6%Li, модифицированного церием / Ш.А. Назаров, И.Н. Ганиев, Б.Б. Эшов, Н.И. Ганиева // Металлы. 2018. №. 3. – С.33-38.
14. Ганиев, И.Н. Особенности окисления алюминиевых расплавов с редкоземельными металлами / И.Н. Ганиев, Н.И. Ганиева, Д.Б. Эшова // Металлы. 2018. № 3. – С. 39-47.
15. Норова, М.Т. Кинетика окисления сплава АМг0.2 с лантаном, празеодимом и неодимом в твёрдом состоянии / М.Т. Норова, И.Н. Ганиев, Б.Б. Эшов // Известия Санкт-Петербургского государственного технического института (технологического университета). 2018. № 44 (70). – С. 35-39.
16. Ганиев, И.Н. Кинетика окисления сплава АК9М2, легированного скандием / И.Н. Ганиев, Дж.Т. Ашурматов, С.С. Гулов, А.Э. Бердиев // Доклады Академия наук Республики Таджикистан. 2017. Т. 60. № 10. – С. 552-556.

REFERENCE LITERATURE

1. Beletsky, V.M. Aluminum alloys (composition, properties, technology, application) / V.M. Beletsky, G.A. Krivov. - K.: Komitekh, 2005 .- 365 p.
2. Lutz, A.R. Aluminum and its alloys / A.R. Luts, A.A. Suslin. -Samara: Samara State Technical University, 2013.- 81p.
3. Umarova, T.M. Corrosion of double aluminum alloys in neutral environments / T.M. Umarova, I.N. Ganiev. - Dushanbe: Donish, 2007 .- 258 p.
4. Drits, M.E. Aluminum alloys. Properties, processing application / M.E. Drits. -M .: Metallurgy, 1979 .- 679 p.
5. Chen, X.G. Growth mechanisms of intermetallic phases in DC cast AA1XXX alloys / X.G. Chen // Essential Readings in Light Metals. Cast Shop for Aluminum Production. 2013. Vol. 3. - P. 460-465.
6. Grange, D.A. Microstructure control in ingots of aluminum alloys with an emphasis on grain refinement / D.A. Grange // Essential Readings in Light Metals. Cast Shop for Aluminum Production. 2013. Vol. 3. - P.354-365.
7. Geoffrey, K.S. Fundamentals of Solidification in Aluminum Castings / K.S. Geoffrey // International Journal of Metalcasting. 2014. Vol. 8.Iss. 1. - P. 7-20.
8. Lepinskikh, B.M. Oxidation of liquid metals and alloys / B.M. Lepinskikh, A. Kitashev, A. Belousov. -M .: Nauka, 1973 .- 106 p.
9. Lepinskikh, B.M. On oxidation of liquid metals and alloys with oxygen from the gas phase / B.M. Lepinskikh and V. Kisilev // Izv. Academy of Sciences of the USSR. Metals. 1974. No. 5. - P. 51-54.
10. Zokirov, F.Sh. Influence of calcium on the kinetics of oxidation of the AK12M2 alloy in the solid state / F.Sh. Zokirov, I.N. Ganiev, N.I. Ganieva, M.M. Sangov // Bulletin of the Tajik National University. Series of natural sciences. 2018. No. 4. - P.130-138.
11. Dzhaloyev, J.H. Kinetics of oxidation of aluminum alloy AZh2.18 with calcium / J.H. Dzhaloyev, I.N. Ganiev, A.Kh. Khakimov, Kh.Kh. Azimov // Bulletin of the Tajik National University. Series of natural sciences. 2018.No. 4. - P. 214-220.
12. Nazarov, Sh.A. Kinetics of oxidation of the Al + 6% Li alloy modified with lanthanum in the solid state / Sh.A. Nazarov, I.N. Ganiev, IreneCalliari., A.E. Berdiev, N.I. Ganieva // Metals. 2018. No. 1. - P.34-40.

13. Nazarov, Sh.A. Kinetics of oxidation of the Al + 6% Li alloy modified with cerium / Sh.A. Nazarov, I.N. Ganiev, B.B. Eshov, N.I. Ganieva // Metals. 2018. no. 3. - P.33-38.
14. Ganiev, I.N. Features of oxidation of aluminum melts with rare earth metals / I.N. Ganiev, N.I. Ganieva, D.B. Eshova // Metals. 2018.No. 3. - P. 39-47.
15. Norova, M.T. Kinetics of oxidation of the AMg0.2 alloy with lanthanum, praseodymium and neodymium in solid state / M.T. Norova, I.N. Ganiev, B.B. Eshov // Bulletin of the St. Petersburg State Technical Institute (Technological University). 2018. No. 44 (70). - P. 35-39.
16. Ganiev, I.N. Kinetics of oxidation of the AK9M2 alloy doped with scandium / I.N. Ganiev, J.T. Ashurmatov, S.S. Gulov, A.E. Berdiev // Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan. 2017.Vol. 60.No. 10. - P. 552-556.

КИНЕТИКАИ ОКСИДШАВИИ ХӮЛАИ АЛЮМИНИЙИ АЖ5К10 БО КАЛСИЙ ҶАВҲАРОНИДА ШУДА, ДАР ҲОЛАТИ САХТ

Дар адабиёт маълумот оиди оксидшавии хӯлаи алюминийиАЖ5К10 бо калсий ҷавҳаронида шуда, маълумот нест. Зарурати таҳқиқоти раванди оксидшавии хӯлаи алюминийи АЖ5К10 бо калсий дар ҳудуди васеи консентратсияи калсий имконияти истифодаи онҳоро дар муҳитҳои оксигенӣ ё ин ки оксигендор алоқамандиаш муайян менамояд. Раванди оксидшаваии хӯлаҳо дар шароити изотермӣ бо усули термогравиметрӣ дар муҳити ҳаво таҳқиқ шудааст, ки бо бақайдгирии вазнҳои намунаҳо дар муддати як соат дар ҳароратҳои 773; 823 ва 873К мушоҳида карда шудааст. Дар ин ҳолат афзоиши вазни хоси намунаҳо муайян карда шудааст. Дар вобастагӣ аз бузургии сатҳи намунаҳо оксидшавӣ дар давоми вақт муайян карда шудааст. Дар асоси ин маълумотҳо качхатҳои кинетикаи оксидшавӣ сохташуда, инчунин, бузургии афзоиши вазни хоси намунаҳо аз миқдори калсий дар хӯлаи алюминийи АЖ5К10 дар вобастагӣ аз вақт ва ҳарорат муайян карда шудааст. Дар натиҷаи таҳқиқот аниқ карда шудааст, ки иловаи калсий то 1.0%-и ҳиссаи вазнӣ суръати оксидшавии хӯлаи алюминийиАЖ5К10-ро зиёд намуда, дар ин вақт бузургии энергияи фаъоли раванди оксидшавӣ кам мешавад.

Калимаҳои калидӣ: хӯлаи алюминийи АЖ5К10, калсий, усули термогравиметрӣ, кинетикаи оксидшавӣ, суръати миёнаи оксидшавӣ, энергияи эффективии активатсия.

КИНЕТИКА ОКИСЛЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АЖ5К10, МОДИФИЦИРОВАННОГО КАЛЬЦИЕМ, В ТВЕРДОМ СОСТОЯНИИ

Решение многих задач современной техники связано с использованием материалов, обладающих высоким сопротивлением окислению. Поэтому изучение взаимодействия кислорода с металлами и сплавами приобрело большое значение в связи с широким применением в последнее время в различных областях науки и техники новых материалов с особыми физическими химическими свойствами. В этом ряду особое место отводится алюминиевым сплавам с кальцием, стронцием, барием и другими металлами.В литературе не имеется сведений о жаростойкости алюминиевых сплавов модифицированныхкальцием, в частности, марки АЖ5К10 (Al+5мас.%Fe+10мас.%Si). Процесс окисления сплавов исследовался на воздухе в изотермических условиях термогравиметрическим методом с непрерывной фиксацией массы образца, в течение часа при температурах 773 К; 823 К; 873К. На основании экспериментальных данных строились кинетические кривые окисления алюминиевого сплава АЖ5К10 с кальцием, по которым определялись величины удельного привеса массы от количества кальция, времени и температуры. По результатам исследований установлено, что добавки кальция до 1,0мас.% увеличивают скорость окисления алюминиевого сплава АЖ5К10, что сопровождается уменьшением величины кажущейся энергии активации процесса окисления.Построением квадратичных зависимостей удельного привеса сплавов от продолжительности времени окисления установлен механизм окисления сплавов. Показано, что процесс окисления сплавов в изученном температурном интервале 773-873К подчиняется гиперболической зависимости.

Ключевые слова:алюминиевый сплав АЖ5К10, кальций, термогравиметрический метод, кинетика окисления, истинная скорость окисления, кажущаяся энергия активации.

KINETICS OF OXIDATION OF ALUMINUM ALLOY AlFe5Si10, MODIFIED WITH CALCIUM, IN THE SOLID STATE

The solution of many problems of modern technology is associated with the use of materials with high oxidation resistance.Therefore, the study of the interaction of oxygen with metals and alloys has acquired great importance in connection with the recent widespread use in various fields of science and technology of new materials with special physical chemical properties.In this series, a special place is given to aluminum alloys with calcium, strontium, barium and other metals.There is no information in the literature on the heat resistance of aluminum alloys modified with calcium, in particular, grade АЖ5К10 (Al + 5 wt.% Fe + 10 wt.% Si).The oxidation process of the alloys was investigated in air under isothermal conditions by the thermogravimetric method with continuous fixation of the sample mass for an hour at temperatures of 773 K; 823 K; 873 K.Based on the experimental data, the kinetic curves of the oxidation of the AlFe5Si10 aluminum alloy with calcium were constructed, which were used to determine the specific weight gain from the amount of calcium, time and temperature.According to the research results, it was found that calcium additions up to 1.0 wt% increase the oxidation rate of the AlFe5Si10 aluminum alloy, which is accompanied by a decrease in the apparent activation energy of the oxidation process.By constructing quadratic dependences of the specific weight gain of alloys on the duration of the oxidation time, the mechanism of oxidation of alloys is established. It is shown that the process of oxidation of alloys in the studied temperature range of 773-873K is corrected by a hyperbolic dependence.

Key words: aluminum alloy AlFe5Si10, calcium, thermogravimetric method, oxidation kinetics, true oxidation rate, apparent activation energy.

Маълумот дар бораи муаллифон: ***Ғаниев Изатулло Наврузович*** – д.и.х., проф., академики АМИТ, мудири озмоишгоҳи Институти химияи ба номи В.И. Никитини АМИТ. **Суроға:** 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯч. Айнӣ, 299/2. **Тел**.: (+992) 93-572-88-99. **E-mail**: ganiev48@mail.ru;

Якубов Умарали Шералиевич **–**ходими калони илмии Институти химияи ба номи В.И. Никитини АМИТ. **Суроға**: 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯч. Айнӣ, 299/2. Тел.:(+992) 93-991-21-72. **E-mail**: yakubovumarali@gmail.com;
Хакимов Абдувохид Хамидович **–** Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад.М.С. Осими, н.и.х., дотсент, мудири кафедраи технологияи истеҳсолоти химиявӣ. **Адрес:** 734042, г. Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯчаи академикҳо Раҷабовҳо, 10. Тел.: (+992) 93-478-28-82.
Ҷайлоев Ҷамшед Ҳусейнович – н.и.т., ходими калони илмии Институти химияи ба номи В.И. Никитини АМИТ. **Суроға**: 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯч. Айнӣ, 299/2. Тел.: (+992) 93-415-71-15. **E-mail**: husenzod85@mail.ru.

Сведения об авторах: ***Ганиев Изатулло Наврузович*** – д.х.н., проф., академик НАНТ, Зав. лабораторией Института химии В.И. Никитина НАНТ **Адрес:** 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299/2. **Тел**.: (+992) 93-572-88-99. **E-mail**: ganiev48@mail.ru;
Якубов Умарали Шералиевич **–**ст. научный сотрудник Института химии им. В.И. Никитина НАНТ. **Адрес:** 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299/2. **Тел**.: (+992) 93-991-21-72. **E-mail**: yakubovumarali@gmail.com;
Хакимов Абдувохид Хамидович **–** к.х.н., доцент, зав. кафедрой технология химических производств Таджикского технического университета им. акад. М.С. Осими. **Адрес:** 734042, Республика Таджикистан, г. Душанбе, улица ак. Раджабовых, 10. **Тел**.: (+992) 93-478-28-82.
Джайлоев Джамшед Хусейнович – к.т.н., ст. научный сотрудник Института химии В.И. Никитина НАНТ. **Адрес:** 734063, Республика Таджикистанг, Душанбе, ул. Айни, 299/2. **Тел**.: (+992) 93-415-71-15. **E-mail**: husenzod85@mail.ru.

Information about authors: ***Ganiev Izatullo Navruzovych*** – doctor of chemical sciences, academician National Academy of Sciences of Tajikistan, Head laboratory of the Institute of Chemistry named after V.I. Nikitina. **Address:** 734063, The Republic Of Tajikistan, Dushanbe, Aini Street, 299/2. **Phon**e: 93-572-88-99. **E-mail**: ganiev48@mail.ru;
Yakubov Umarali Sheralievich – senior researcher of the Institute of Chemistry named after NikitinNational Academy of Sciences of Tajikistan. **Address:** 734063, The Republic Of Tajikistan, Dushanbe, Ayni Street, 299/2. **Phon**e: 93-991-21-72. **E-mail**: yakubovumarali@gmail.com
Khakimov Abduvokhid Khamidovich **–** Ph.D., Associate Professor, Head of the department of Technology of Chemical Production of the Tajik Technical University named after M.S. Osimi. **Address:** 734042, The Republic Of Tajikistan, Dushanbe, street ac. Rajabovs, 10. **Phon**e: 93-478-28-82.
Jayloev Jamshed Huseynovich – senior researcher of the Institute of Chemistry named after Nikitin of National Academy of Sciences of Tajikistan. **Address:** 734063, The Republic Of Tajikistan, Dushanbe, Ayni Street,299/2, **Phon**e: 93-415-71-15. E-mail: husenzod85@mail.ru

УДК 541.138.2+620.193

ВЛИЯНИЕ ТЕЛЛУРА НА КИНЕТИКУ ОКИСЛЕНИЯ СВИНЦОВО-СУРЬМЯНОГО СПЛАВА ССу3, В ТВЕРДОМ СОСТОЯНИИ

[1]Худойбердизода С.У., [1]Ганиев И.Н., [2]Эшов Б.Б.,
[2]Муллоева Н.М., [1]Якубов У.Ш.
[1]Институт химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана
[2]Государственное научное учреждение «Центр исследования инновационных технологий при Национальной академии наук Таджикистана»

Введение. Комплексное легирование свинца сурьмой, теллуром в оптимальных концентрациях позволило получить высокоэффективные сплавы для защитных кабельных оболочек. Свинцово-сурьмяный сплав ССу3 с теллуром обеспечивает кабельной оболочке высокое сопротивление усталости, ползучести и активной деформации в широкой области температур, а также хорошую технологичность при ее изготовлении. Основной для такого комплекса положительных характеристик является специфическая мелкозернистая термостабильная структура, обуславливающая стабильность свойств при эксплуатации. Сплавы вышеуказанной композиции находятся на уровне мировых стандартов-обладают лучшим комплексом эксплуатационных и технологических характеристик по сравнению с наиболее перспективными отечественными и иностранными аналогами [1, 2].

Благодаря своей высокой коррозионной стойкости свинцово-сурьмяные сплавы находят широкое применение в различных отраслях промышлености. Производство аккумуляторов, антикоррозионных оболочек кабелей являются важными областями применения свинца и его сплавов [3-6].

Исследование кинетики окисления твердых металлов и сплавов с кислородом газовой фазы представляет научный и практический интерес. В процессе такого взаимодействия сплав загрязняется оксидными включениями, ухудшается качество поверхности, понижаются механические свойства изделий. Определение кинетических параметров и механизма окисления позволит получить дополнительную информацию о процессе окисления [7, 8].

Твердый свинец при 250-320 ^{0}С окисляется по параболическому закону с образование красновато- коричневого оксида, ровным слоем плотно прилегающего к металлу [9, 10].

Настоящая работа посвящена исследованию влияния теллура на кинетику окисления свинцового сплава ССу3, в твердом состоянии. Процесс окисления исследован методом термогравиметрии с непрерывным взвешиванием образцов. Для получения исследуемых сплавов при температурах 600-650 ℃ была использована шахтная печь сопротивления типа СШОЛ. Шихтовка сплавов проводилась с учётом угара металлов. Для изучения влияния добавок теллура на кинетику окисления свинцового сплава ССу3 были получены серии сплавов с содержанием теллура в диапазоне 0.01-0.5 мас.%.

Окисления сплавов в твердом состоянии проводили на воздухе при постоянной температуре 473К, 523К и 573К. По растяжению пружины с помощью катетометра КМ-8 измеряли изменения веса образцов. Для исследования использовались тигли диаметром 18- 20 мм, высотой 25-26 мм из оксида алюминия. В работах [11-20] описано методики исследования кинетики окисления сплавов.

Материалы и методика исследования. Результаты термогравиметрического исследования кинетики окисления свинцового сплава ССу3, легированного теллуром, приведены в таблице 1. Видно, что средняя скорость окисления исходного сплава в зависимости от состава, в пределах концентрации добавки 0.01-0.5 мас.% теллура и от температуры исследуемых сплавов увеличивается. Так, средняя скорость окисления исходного сплава в интервале температур 473К -573К имеет величину $2.50 \cdot 10^{-4} \div 3.25 \cdot 10^{-4}$

кг·м$^{-2}$ ·сек$^{-1}$, а для сплава, с добавкой 0.5 мас.% теллура достигает величины $2.74 \cdot 10^{-4} \div 3.53 \cdot 10^{-4}$ кг·м$^{-2}$ ·сек$^{-1}$ при тех же температурах.

Эффективная энергия активации процесса окисления вышеуказанных сплавов при этом уменьшается соответственно от 38.32 до 20.01 кДж/моль. Кинетические и энергетические параметры процесса окисления сплавов зависят от структуры образующей оксидной плёнки. Если образующаяся на образцах оксидная плёнка рыхлая, то процесс переноса кислорода через неё облегчается и, соответственно, увеличивается скорость окисления. Образование плотной пленки затрудняет транспорт кислорода через нее, что приводит к повышению скорости процесса.

Табл. 1. Кинетические и энергетические параметры процесса окисления свинца и свинцово-сурьмяного сплава ССу3 с теллуром, в твердом состоянии
Table 1 Kinetic and energy parameters of the oxidation process of lead and lead-antimony alloy SSU3 with tellurium, in solid state

Содержание теллура в сплаве, мас.%	Температура окисления, К	Истинная скорость окисления $K \cdot 10^{-4}$,	Кажущаяся энергия активации,
0.0	473 523 573	2.50 2.77 3.25	38.32
0.01	473 523 573	2.56 2.82 3.32	33.78
0.05	473 523 573	2.62 2.89 3.40	30.90
0.1	473 523 573	2.68 2.95 3.47	26.48
0.5	473 523 573	2.74 3.02 3.53	20.01

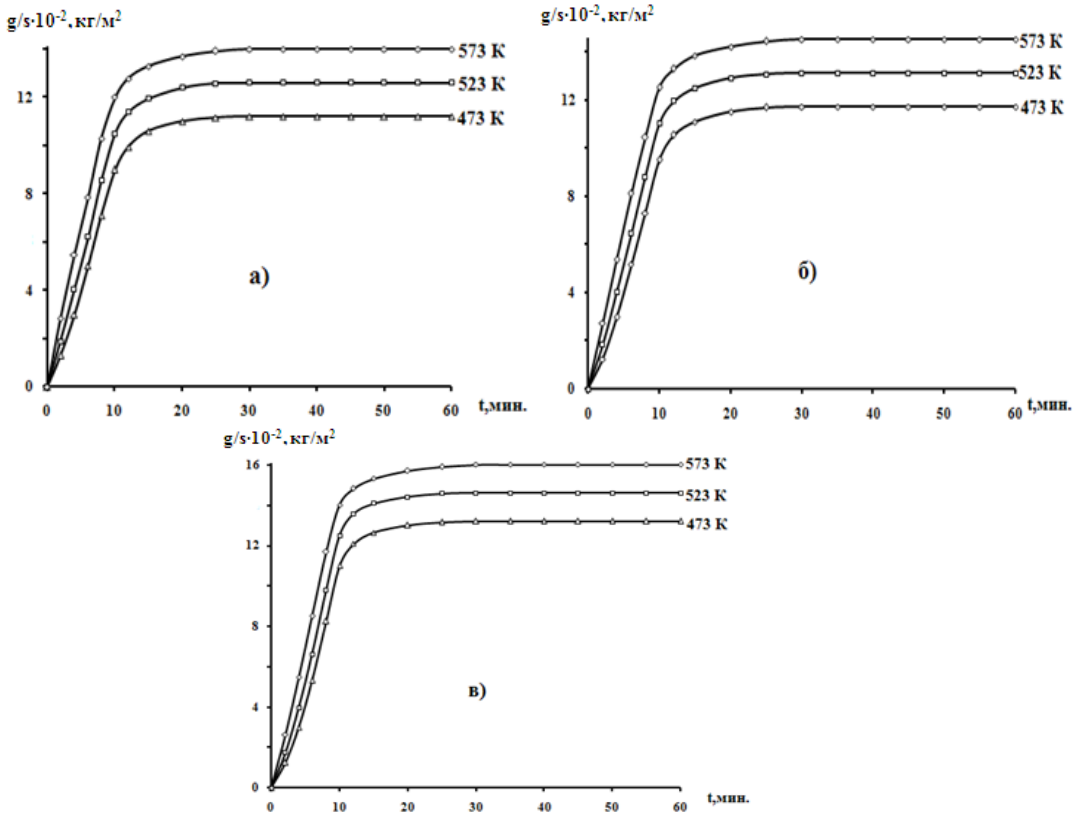
В качестве примера на рисунке 1 приведены кинетические кривые окисления, характеризующие изменение массы во времени для свинцового сплава ССу3, содержащего 0.01 и 0.5 мас.% теллура, при температурах 473К-573К. Процесс окисления протекает с диффузионными затруднениями и заканчивается на 15- 20-й минуте.

В таблице 2 приведены результаты обработки кинетических кривых окисления сплава ССу3, легированного теллуром. Окисление сплавов подчиняется гиперболическому закону, что вытекает из кривых зависимостей $(g/s)^2$-t, которые не укладываются на прямые линии, а также из аналитических зависимостей $y = Kt^{n}$, где n изменяется от 2 до 5.

Изохронны окисления сплавов, соответствующих температуре 573К приведены на рисунке 2. Отмечается тенденция к увеличению скорости окисления по мере уменьшения содержания теллура до 0.5 мас.%, что сопровождается повышением кажущейся энергии активации процесса окисления.

Рис. 1. Кинетические кривые окисления свинцово-сурьмяного сплава ССу3 (а), содержащего теллура, мас.%: 0.01(б); 0.5(в)

Fig. 1. Kinetic curves of the oxidation of the lead-antimony alloy CCy3 (a) containing tellurium, wt %: 0.01 (b); 0.5 (c)



На рисунке 3 приведена зависимости lgK-1/T для свинцового сплава ССу3 с теллуром. Видно, что в целом в координатах lgK-1/T кривые имеют прямолинейный характер и относящиеся к сплавам кривые располагаются ниже кривой для свинцового сплава ССу3. По сравнению с исходным свинцовым сплавов ССу3 все сплавы характеризуются более низким значением истинной скорости окисления. Этого и следует ожидать, так как суммарная скорость окисления слагается из целого ряда этапов, различных по своей природе. Тем не менее, можно проследить некоторые закономерности, характерные для окисления сплавов данных систем в твердом состоянии.

Табл. 2. Полиномы кинетических кривых окисления свинцово-сурьмяного сплава ССу3 с теллуром, в твёрдом состоянии

Table 2. Polynomials of kinetic curves for the oxidation of the lead-antimony alloy SSu3 with tellurium, in the solid state

Содержание теллура в сплаве, мас.%	Температура окисления, К	Полиномы кинетических кривых окисления сплавов	Коэффициент регрессии R, %
0.0	473 523 573	$y=-0,5\cdot10^{-5}x^5+0,001x^4 - 0,012x^3 + 0,095x^2+0,522x$ $y=-0,6\cdot10^{-7}x^5+ 0,001x^4 -0,009x^3 +0,065x^2+0,779x$ $y=-06\cdot10^{-1}x^5+0,002x^4 - 0,009x^3 +0,095x^2+0,899x$	0,999 0,999 0,999

0.01	473 523 573	$y = -0{,}6 \cdot 10^{-6}x^4 + 0{,}001x^3 - 0{,}043x^2 + 0{,}978x$ $y = -0{,}5 \cdot 10^{-1}x^4 - 2E\text{-}05x^3 - 0{,}028x^2 + 1{,}036x$ $y = -0{,}6 \cdot 10^{-5}x^4 + 0{,}001x^3 - 0{,}046x^2 + 1{,}311x$	0,990 0,996 0,995
0.05	473 523 573	$y = -0{,}5 \cdot 10^{-2}x^4 - 0{,}001x^3 - 0{,}011x^2 + 0{,}868x$ $y = -0{,}5 \cdot 10^{-3}x^4 - 0{,}001x^3 - 0{,}006x^2 + 0{,}980x$ $y = -0{,}5 \cdot 10^{-4}x^4 - 0{,}001x^3 + 0{,}009x^2 + 0{,}984x$	0,990 0,993 0,998
0.1	473 523 573	$y = -0{,}6 \cdot 10^{-5}x^4 + 0{,}001x^3 - 0{,}043x^2 + 0{,}896x$ $y = -0{,}5 \cdot 10^{-2}x^4 - 0{,}001x^3 - 0{,}01x^2 + 0{,}896x$ $y = -0{,}5 \cdot 10^{-3}x^4 - 0{,}002x^3 - 0{,}014x^2 + 1{,}130x$	0,989 0,996 0,995
0.5	473 523 573	$y = -0{,}5 \cdot 10^{-2}x^4 + 0{,}001x^3 - 0{,}060x^2 + 1{,}046x$ $y = -0{,}5 \cdot 10^{-1}x^4 - 0{,}001x^3 - 0{,}028x^2 + 1{,}082x$ $y = -0{,}5 \cdot 10^{-1}x^4 - 7E\text{-}05x^3 - 0{,}034x^2 + 1{,}297x$	0,982 0,991 0,995

y^* —удельный привес сплавов;

x^{**} —продолжительность окисления.

Это прежде всего то, что с ростом температуры скорость окисления сплавов растёт. Добавки теллура уменьшают почти в 1.5 раза кажущуюся энергию активации процесса окисления сплавов, в твёрдом состоянии. Константы истинной скорости окисления при одинаковых температурах у сплава ССу3 с 0.05; 0.1 и 0.5 мас.% теллура несколько меньше, чем у исходного сплава ССу3.

Рис. 2. Изохронны окисления свинцово-сурьмяного сплава ССу3 с теллуром при 573К

Fig. 2. Isochrones of oxidation of the lead-antimony alloy SSu3 with tellurium at 573K

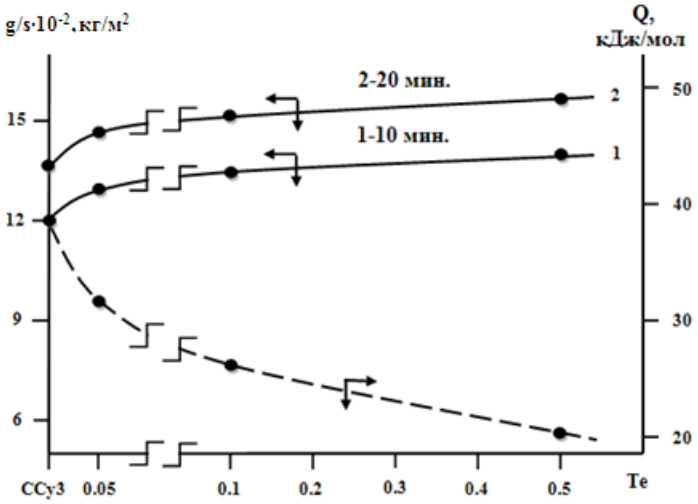
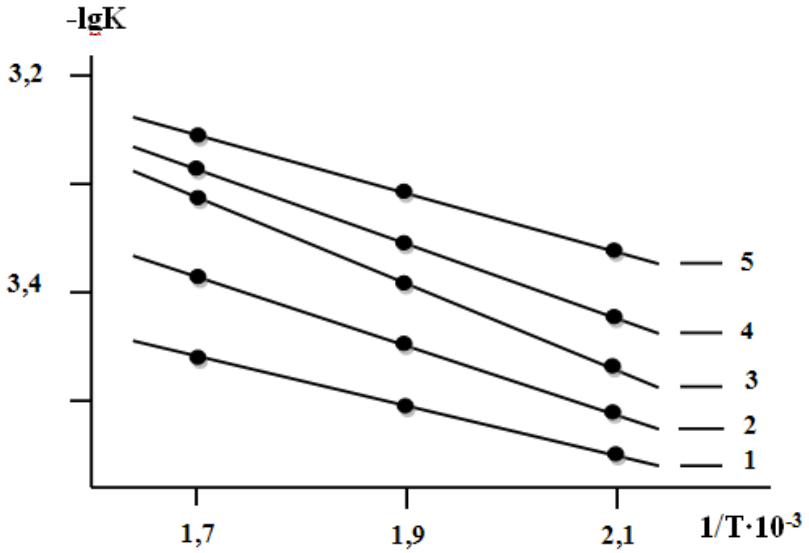


Рис. 3. Зависимость lgK от 1/T для свинцово-сурьмяного сплава ССу3 (1) с теллуром, мас.%: 0.01(2); 0.05(3); 0.1(4); 0.5(5)

Fig. 3. Dependence of lgK on 1 / T for the lead-antimony alloy CCy3 (1) with tellurium, wt%: 0.01 (2); 0.05 (3); 0.1 (4); 0.5 (5)



Выводы. Методом термогравиметрии исследована зависимость скорости окисления свинцово-сурьмяного сплава ССу3 от содержания теллура и температуры. Показано, что скорость окисления сплавов с ростом температуры и концентрации теллура увеличивается. Получены полиномы кривых окисления сплавов и с их помощью установлена, что окисление протекает по гиперболическому механизму.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дунаев Ю.Д. Нерастворимые аноды из сплавов на основе свинца / Ю.Д. Дунаев – Алма-Ата: «Наука КазССР». 1978. -316 с.
2. Дунаев Ю.Д. – В кн. Электрохимические исследования амальгамных систем. / Ю.Д. Дунаев, В.И. Бринцева, Е.Г. Лукин, В.Г. Бундже. – Алма-Ата: «Наука» КазССР. 1972. -С.52.
3. Скорчелетти В.В. Теоретические основы коррозии металлов / В.В. Скорчелетти. – Л.: Химия, 1973. -410 с.
4. Taranjot K., Jeewan Sh., Tejbir S. Feasibility of Pb-Zn Binary Alloys as Gamma Rays Shielding Materials // K.Taranjot, Sh.Jeewan, S.Tejbir. International Journal of Pure and Applied Physics. 2017. Vol. 13.No 1. –P. 222-225.
5. Chikova O.A. Formation of Cu-Pb alloys by means of liquid metal homogenization // O.A.Chikova, G.V.Sakun, V.S.Tsepelev. Russian Journal of Non-Ferrous Metals. 2016. Vol. 57. – P. 580-585.
6. Asiful H.S., El-Sayed M.S., Sohail M.A., Khan M., Muneer B., Mohammad A.A., Nabeel A. Microstructure characterization and corrosion resistance properties of Pb-Sb alloys for lead acid battery spine produced by different casting methods // H.S.Asiful, M.S.El-Sayed, Sohail M.A., Khan M., B.Muneer, A.A.Mohammad, A. Nabeel. PLOS ONE 13 (5): e 0197227. 8 May 2018.
7. Osório W.R., Rosa D.M., Garcia A. Electrochemical behavior of a Pb-Sb alloy in 0.5m NaCl and 0.5 M H2SO4 solutions // W.R. Osório, D.M.Rosa, A.Garcia. Materials & Design 2012. No. 34. - P. 660-665.
8. Osório W.R. The effects of tertiary dendrite arm spacing and segregation on the corrosion behavior of a Pb-Sb alloy for lead-acid battery components // W.R.Osório, E.S.Freitas, L.C.Peixoto, J.E.Spinelli, A. J. Garcia. Power Sour. 2012. No. 207. - P. 183-190.
9. Муллоева Н.М. Сплавы свинца с щелочноземельными металлами: монография / Н.М. Муллоева. И.Н. Ганиев. - Душанбе: ООО «Андалеб - Р», 2015. -168 с.
1. 10.Муллоева Н.М. Физикохимия сплавов свинца с щелочноземельными металлами: монография / Н.М. Муллоева, И.Н. Ганиев, Х.А. Махмадуллоев. - Германия: Издательский дом LAP LAMBERT Academic Publishing. 2013. -152 с.
10. Наврузов Х.П. Кинетика окисления сплавов системы Pb-Cd, в твердом состоянии кислородом газовой фазы // Х.П.Наврузов, И.Н.Ганиев, Х.А.Махмадуллозода, Б.Б.Эшов, Н.М. Муллоева. Вестник Казанского технологического университета. 2020. Т. 23. № 2. – С. 59-63.
11. Ганиев И.Н. Кинетику окисления сплавов алюминия с никелем, в твердом состоянии // И.Н. Ганиев, Дж.Х.Джайлоев, А.Р.Рашидов, У.Ш. Якубов, Ф.З. Зувадйллозода. Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия естественных наук. 2020. № 1. - С. 104-108.
12. Джайлоев Дж.Х. Кинетика окисления алюминиевого сплава АЖ2.18, модифицированного стронцием // Дж.Х.Джайлоев, И.Н.Ганиев, Н.И.Ганиева, У.Ш.Якубов, А.Х. Хакимов. Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2019. № 4 (40). – С. 34-39.
13. Идиев И.Ш., Ганиев И.Н., Норова М.Т., Алихонова С.Дж. Высокотемпературное окисление цинкового сплава ЦАМг4,5-2, легированного скандием, в твердом состоянии // И.Ш. Идиев, И.Н.Ганиев, М.Т.Норова, С.Дж. Алихонова. Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2019. № 4 (48). – С. 60-64.
14. Отаджонов С.Э., Ганиев И.Н., Махмудов М., Махмадизода М.М. Влияние стронция на кинетику окисления сплава АК1, в твердом состоянии // С.Э.Отаджонов, И.Н.Ганиев, М.Махмудов, М.М. Махмадизода. Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования, 2018. № 4 (44). - С. 64-69.

15. Зокиров Ф.Ш., Ганиев И.Н., Ганиева Н.И., Сангов М.М. Влияние кальция на кинетику окисления сплава АК12М2, в твердом состоянии // Ф.Ш.Зокиров, И.Н.Ганиев, Н.И.Ганиева, М.М. Сангов. Вестник ТНУ. Серия естественных наук, 2018. № 4. - С. 130-138.
17. Назаров Ш.А. Кинетика окисления сплава Al+6%Li, модифицированного лантаном в твердом состоянии // Ш.А.Назаров, И. Н.Ганиев, Irene Calliari., А.Э.Бердиев, Н.И.Ганиева. Металлы. 2018. № 1. - С. 34-40.
18. Назаров Ш.А., Ганиев И.Н., Эшов Б.Б., Ганиева Н.И. Кинетика окисления сплава Al+6%Li, модифицированного церием // Ш.А.Назаров, И.Н.Ганиев, Б.Б.Эшов, Н.И. Ганиева. Металлы. 2018. № 3. - С. 33-38.
19. Ганиев И.Н. Особенности окисления алюминиевых расплавов с редкоземельными металлами // И.Н.Ганиев, Н.И.Ганиева, Д.Б. Эшова Металлы. 2018. №3. - С. 39-47.
20. Норова М.Т. Кинетика окисления сплава АМг0.2 с лантаном, празеодимом и неодимом, в твёрдом состоянии//М.Т.Норова, И.Н.Ганиев, Б.Б. Эшов. Известия Санкт-Петербургского государственного технический институт (технологического университета). 2018. № 44 (70). - С. 35-39.

REFERENCES LITERATURE

1. Dunaev Y.D. Insoluble anodes from lead-based alloys / Y.D. Dunaev - Alma-Ata: "Science of the Kazakh SSR". 1978. -316 p .
2. Dunaev Yu.D. - In the book. Electrochemical studies of amalgam systems. / Yu.D. Dunaev and V.I. Brintseva, E.G. Lukin, V.G. Bunge. - Alma-Ata: "Science" of the Kazakh SSR. 1972.- p.52.
3. Scorcheletti V.V. Theoretical foundations of metal corrosion / V.V. Scorceletti. - L .: Chemistry, 1973. – 410 p.
4. Taranjot K., Jeewan Sh., Tejbir S. Feasibility of Pb-Zn Binary Alloys as Gamma Rays Shielding Materials // K.Taranjot, Sh.Jeewan, S.Tejbir. International Journal of Pure and Applied Physics. 2017. Vol. 13.No 1. –P. 222-225.
5. Chikova O.A. Formation of Cu-Pb alloys by means of liquid metal homogenization // O.A.Chikova, G.V.Sakun, V.S.Tsepelev. Russian Journal of Non-Ferrous Metals. 2016. Vol. 57. – P. 580-585.
6. Asiful H.S., El-Sayed M.S., Sohail M.A., Khan M., Muneer B., Mohammad A.A., Nabeel A. Microstructure characterization and corrosion resistance properties of Pb-Sb alloys for lead acid battery spine produced by different casting methods // H.S.Asiful, M.S.El-Sayed, Sohail M.A., Khan M., B.Muneer, A.A.Mohammad, A. Nabeel. PLOS ONE 13 (5): e 0197227. 8 May 2018.
7. Osório W.R., Rosa D.M., Garcia A. Electrochemical behavior of a Pb-Sb alloy in 0.5m NaCl and 0.5 M H2SO4 solutions // W.R. Osório, D.M.Rosa, A.Garcia. Materials & Design 2012. No. 34. - P. 660-665.
8. Osório W.R. The effects of tertiary dendrite arm spacing and segregation on the corrosion behavior of a Pb-Sb alloy for lead-acid battery components // W.R.Osório, E.S.Freitas, L.C.Peixoto, J.E.Spinelli, A. J. Garcia. Power Sour. 2012. No. 207. - P. 183-190.
9. Mulloeva N.M. Alloys of lead with alkaline earth metals: monograph / N.M. Mulloeva. I.N. Ganiev. - Dushanbe: LLC "Andaleb - R", 2015. -168 p.
1. 10.Mulloeva N.M. Physicochemistry of lead alloys with alkaline earth metals: monograph / N.M. Mulloeva, I.N. Ganiev, Kh.A. Makhmadulloyev. - Germany: Publishing house LAP LAMBERT Academic Publishing. 2013.-152s.
10. Navruzov Kh.P., Ganiev IN, Makhmadullozoda Kh.A., Eshov BB, Mulloeva N.M. Kinetics of oxidation of alloys of the Pb-Cd system in the solid state by oxygen in the gas phase // Kh.P. Navruzov, I.N.Ganiev, Kh.A.Makhmadullozoda, B.B.Eshov, N.M.Mulloeva. Bulletin of Kazan Technological University. 2020.Vol. 23.No. 2. – P. 59-63.
11. Ganiev I.N. Kinetics of oxidation of alloys of aluminum with nickel, in solid state // I.N.Ganiev, J.Kh.Dzhaloyev, A.R.Rashidov, U.Sh. Yakubov, F.Z.Zuvadillozoda. Bulletin of St. Petersburg State University of Technology and Design. Series of natural sciences. 2020. No. 1. -P. 104-108.
12. Dzhaloyev J.Kh. Kinetics of oxidation of the aluminum alloy AZh2.18 modified with strontium // J.Kh.Dzhaloyev, I.N.Ganiev, N.I.Ganieva, U.Sh.Yakubov, A.Kh.Khakimov. Bulletin of the Siberian State Industrial University. 2019. No. 4 (40). S. 34-39.
13. Idiev I.Sh., Ganiev I.N., Norova M.T., Alikhonova S.J. High-temperature oxidation of zinc alloy TsAMg4.5-2 doped with scandium in solid state // I.Sh. Idiev, I.N.Ganiev, M.T.Norova, S.J.Alikhonova/ Politekhnicheskiy Vestnik. Series: Engineering Research. 2019. No. 4 (48). - P. 60-64.
14. Otajonov S.E. Influence of strontium on the kinetics of oxidation of the AK1 alloy, in the solid state // S.E.Otajonov, I.N.Ganiev, M.Makhmudov, M.M. Mahmadizoda. Politekhnicheskiy Vestnik. Series: Engineering Research, 2018. No. 4 (44). - P. 64-69.
15. Zokirov F.Sh. Influence of calcium on the kinetics of oxidation of the AK12M2 alloy, in solid state // F.Sh.Zokirov, I.N.Ganiev, N.I.Ganieva, M.M. Sangov. Bulletin TNU. Series of natural sciences, 2018. No. 4. – P. 130-138.
16. Nazarov Sh.A.Kinetics of oxidation of the Al + 6% Li alloy modified with lanthanum in the solid state // Sh.A.Nazarov, I. N.Ganiev, Irene Calliari., A. E.Berdiev, N. I. Ganiev. - Metals. 2018.No. 1. – P. 34-40.
17. Nazarov Sh.A. Kinetics of oxidation of the Al + 6% Li alloy modified with cerium // Sh.A. Nazarov, I.N.Ganiev, B.B.Eshov, N.I. Ganieva. - Metals. 2018.No. 3. - P. 33-38.
18. Ganiev I.N., Ganieva N.I., Eshova D.B. Features of oxidation of aluminum melts with rare-earth metals // Metally. 2018. No. 3. -P. 39-47.
19. Norova M.T., Ganiev I.N., Eshov B.B. Kinetics of oxidation of the AMg0.2 alloy with lanthanum, praseodymium and neodymium, in the solid state // M.T.Norova, I.N.Ganiev, B.B.Eshov. Bulletin of the St. Petersburg State Technical Institute (Technological University). 2018. No. 44 (70). - P. 35-39.

ТАЪСИРИ ТЕЛЛУР БА КИНЕТИКАИ ОКСИДШАВИИ ХӮЛАИ СУРБИ ССу3, ДАР ҲОЛАТИ САХТ

Мақола ба ҳалли бисёр масъалаҳои технологияи муосир, ки бо истифодаи маводҳои дорои муқовимати баланд ба оксидшавӣ алоқаманд аст, бахшида шудааст. Аз ин рӯ, омӯзиши ҳамтаъсирии оксиген бо металлҳо ва хӯлаҳо дар робита ба истифодаи васеи онҳо дар соҳаҳои гуногуни илм ва техника, инчунин, маводҳои нави дорои хосиятҳои махсуси физикавӣ-кимиёвӣ аҳамияти назаррас доранд. Дар ин силсила мавқеи махсусро хӯлаҳои сурб бо сурма, мис, қалъагӣ, теллур ва дигар металлҳо ишғол менамоянд. Дар адабиёт оид ба муқовимати гармии устуворӣ ба хӯлаҳои сурб, бо теллур омӯхта шудаанд. Дар ин ҷода маълумоти аниқ нест, алалхусус, нисбати

хӯлаи ССу3 (Pb + 3% Sb). Раванди оксидшавии хӯлаҳо дар ҳаво дар шароити изотермӣ бо усули термогравиметрӣ бо устувории доимии массаи намуна дар давоми як соат дар ҳарорати 473К; 523К ва 573К омӯхта шудааст. Дар асоси маълумоти таҷрибавӣ каҷхатҳои кинетикии оксидшавии хӯлаи сурма-сурб ССу3 сохта шуданд, ки барои муайян кардани афзоиши вазн аз миқдори теллур, вақт ва ҳарорат истифода шуданд. Мувофиқи натиҷаҳои таҳқиқот муайян карда шуд, ки иловаи теллурӣ то 0,5% сатҳи оксидшавии хӯлаи сурбро ССу3-ро зиёд мекунад, ки бо кам шудани энергияи зоҳирии фаъолшавии раванди оксидшавӣ оварда мерасонад. Ҳангоми сохтани вобастагиҳои квадратии афзоиши вазни хоси хӯлаҳо аз давомнокии вақти оксидшавӣ, механизми оксидшавии хӯлаҳо муқаррар карда шудааст. Нишон дода шудааст, ки раванди оксидшавии хӯлаҳо дар ҳудуди ҳарорати омӯхташуда 473-573К ба муодилаи гиперболӣ итоат мекунад.

Калидвожаҳо: хӯлаи сурб ССу3, теллур, усули термогравиметрӣ, кинетикаи оксидшавӣ, суръати оксидшавии ҳақиқӣ, энергияи зоҳирии фаъолшаванда.

ВЛИЯНИЕ ТЕЛЛУРА НА КИНЕТИКУ ОКИСЛЕНИЯ СВИНЦОВО-СУРЬМЯНОГО СПЛАВА ССу3, В ТВЕРДОМ СОСТОЯНИИ

Решение многих задач современной техники связано с использованием материалов, обладающих высоким сопротивлением окислению. Поэтому изучение взаимодействия кислорода с металлами и сплавами приобрело большое значение в связи с широким применением в последнее время в различных областях науки и техники новых материалов с особыми физическими химическими свойствами. В этом ряду особое место отводится свинцовым сплавам с сурьмой, медью, оловом, теллуром и другими металлами. В литературе не имеется сведений о жаростойкости данных свинцовых сплавов легированных теллуром, в частности, марки ССу3 (Pb+3мас.%Sb). Процесс окисления сплавов исследовался на воздухе в изотермических условиях термогравиметрическим методом с непрерывной фиксацией массы образца, в течение часа при температурах 473К; 523К и 573К. На основании экспериментальных данных строились кинетические кривые окисления свинцово-сурьмяного сплава ССу3, по которым определялись величины удельного привеса массы от количества теллура, времени и температуры. По результатам исследований установлено, что добавки теллура до 0,5 мас.% увеличивают скорость окисления свинцового сплава ССу3, что сопровождается уменьшением величины кажущейся энергии активации процесса окисления. Построением квадратичных зависимостей удельного привеса сплавов от продолжительности времени окисления установлен механизм окисления сплавов. Показано, что процесс окисления сплавов в изученном температурном интервале 473-573К починяется гиперболической зависимости.

Ключевые слова: свинцовый сплав ССу3, теллур, термогравиметрический метод, кинетика окисления, истинная скорость окисления, кажущаяся энергия активации.

INFLUENCE OF TELLURIUM ON THE KINETICS OF OXIDATION OF THE LEAD-ANTIMONY ALLOY SSU3, IN THE SOLID STATE

The solution of many problems of modern technology is associated with the use of materials with high resistance to oxidation. Therefore, the study of the interaction of oxygen with metals and alloys has acquired great importance in connection with the widespread use of new materials with special physical chemical properties in various fields of science and technology. In this series, a special place is given to lead alloys with antimony, copper, tin, tellurium and other metals. There is no information in the literature on the heat resistance of these lead alloys doped with tellurium, in particular, grade CCy3 (Pb + 3 wt.% Sb). The oxidation process of the alloys was investigated in air under isothermal conditions by the thermogravimetric method with continuous fixation of the sample mass for an hour at temperatures of 473K; 523K and 573K. On the basis of the experimental data, the kinetic curves of the oxidation of the lead-antimony alloy SSy3 were constructed, which were used to determine the specific weight gain from the amount of tellurium, time and temperature. According to the research results, it was found that tellurium additives up to 0.5 wt% increase the oxidation rate of the CCy3 lead alloy, which is accompanied by a decrease in the apparent activation energy of the oxidation process. By constructing quadratic dependences of the specific weight gain of alloys on the duration of the oxidation time, the mechanism of oxidation of alloys is established. It is shown that the process of oxidation of alloys in the studied temperature range of 473-573K is repaired by a hyperbolic dependence.

Keywords: lead alloy CCy3, tellurium, thermogravimetric method, oxidation kinetics, true oxidation rate, apparent activation energy.

Маълумот дар бораи муаллифон: Худойбердизода Саидмири Убайдулло – ходими калони илмии Института химия ба номи В.И. Никитини АМИТ. **Суроға**: 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Айнӣ, 299/2. Телефон: 92-792-37-92. E-mail: saidmir010992@mail.ru;
Ганиев Изатулло Наврузович – д.и.х., проф., академики АМИТ, Мудири лабораторияи Институти химия ба номи В.И. Никитини АМИТ. **Суроға**: 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Айнӣ, 299/2. Телефон: (+992) 93-572-88-99. E-mail: ganiev48@mail.ru;
Эшов Бахтиёр Бадалович – д.т.н., доцент, директори Муассисаи давлатии илмии «Маркази рушди инноватсионии илм ва технологияҳои нав»-и АМИТ. **Суроға**: 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Айнӣ, 299/2. Телефон 93-488-48-76, E-mail: ishov1967@mail.ru;
Муллоева Нукра Мазабшоевна – н.и.х., мудири лабораторияи Муассисаи давлатии илмии «Маркази рушди инноватсионии илм ва технологияҳои нав»-и **Суроға**: 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Айнӣ, 299/2.
Якубов Умарали Шералиевич – ходими калони илмии Институти химия ба номи В.И. Никитини АМИТ. **Суроға**: 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Айнӣ, 299/2. Телефон 93-991-21-72. E-mail: yakubovumarali@gmail.com.

Сведения об авторах: Худойбердизода Саидмири Убайдулло – ст. научный сотрудник Института химии В.И. Никитина НАНТ, Адрес: Республика Таджикистан 734063, г. Душанбе, проспект Айни 299/2, телефон 92-792-37-92, E-mail: saidmir010992@mail.ru;
Ганиев Изатулло Наврузович – д.х.н., проф., академик НАНТ, Зав. лабораторией Института химии В.И. Никитина НАНТ, Адрес: Республика Таджикистан 734063, г. Душанбе, проспект Айни 299/2, контактный телефон: (+992) 93-572-88-99, E-mail: ganiev48@mail.ru;

Эшов Бахтиёр Бадалович – д.т.н., доцент, директор Государственного научного учреждения «Центр исследования инновационных технологий» при НАНТ, Адрес: Республика Таджикистан 734063, г. Душанбе, проспект Айни 299/3.телефон 93-488-48-76, E-mail: ishov1967@mail.ru;
Муллоева Нукра Мазабшоевна – к.х.н., Зав. лабораторией Государственного научного учреждения «Центр исследования инновационных технологий» при НАНТ, Адрес: Республика Таджикистан 734063, г. Душанбе, проспект Айни 299/3.
Якубов Умарали Шералиевич – ст. научный сотрудник Института химии им. В.И. Никитина НАНТ. **Адрес:** Республика Таджикистан 734063, г. Душанбе, проспект Айни 299/2, телефон 93-991-21-72, E-mail: yakubovumarali@gmail.com.

Information about authors: ***Khudoyberdizoda Saidmiri Ubaydullo*** – Art. researcher at the Institute of Chemistry named after V.I. Nikitina National Academy of Sciences of Tajikistan. Address: The Republic Of Tajikistan 734063, Dushanbe, 299/2 Ayni Street, m.t: 92-792-37-92, E-mail: saidmir010992@mail.ru;
Ganiev Izatullo Navruzovych – doctor of chemical sciences, academician National Academy of Sciences of Tajikistan, Head laboratory of the Institute of Chemistry named after V.I. Nikitina. Address: The Republic Of Tajikistan 734063, Dushanbe, Aini avenue 299/2, m.t: 93-572-88-99. E-mail: ganiev48@mail.ru.
Eshov Bakhtiyr Badalovich – doctor of technical sciences, director State scientific institution «Center for research of innovative technologies at the National Academy of Sciences of Tajikistan ». Address: The Republic Of Tajikistan 734063, Dushanbe, 299/2 Ayni Street, m.t.: 93-488-48-76, E-mail: ishov1967@mail.ru;
Mulloeva Nukra Mazabshoevna – Senior Researcher State scientific institution «Center for research of innovative technologies at the National Academy of Sciences of Tajikistan ». Address: The Republic Of Tajikistan 734063, Dushanbe, 299/2 Ayni Street, m.t.: 901-602-124;
Yakubov Umarali Sheralievich – senior researcher of the Institute of Chemistry named after Nikitin National Academy of Sciences of Tajikistan. Address: The Republic Of Tajikistan 734063, Dushanbe, 299/2 Ayni Street, m.t: 93-991-21-72, E-mail: yakubovumarali@gmail.com.

УДК: 536.74

ХУСУСИЯТҲОИ ТЕРМОДИНАМИКИИ РАВАНДИ ХЛОРОНИДАНИ СИЛИТСИЙ ДАР АВТОКЛАВ

Суяров Қ.Ҷ., Лолаев С.Ш., Файзуллоев Э.Ф., Шеров Қ.М.
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Муқаррар намудани имконпазирии реаксияҳои кимиёӣ аз масъалаҳои муҳими илмӣ ва истеҳсолӣ мебошад. Умуман, ҳангоми пайдо шудани зарурат ҷиҳати баҳо додан ба эҳтимолияти гузариши равандҳои кимиёӣ, ҳам аз нуқтаи назари термодинамикӣ ва ҳам аз нуқтаи назари кинетикӣ, қабл аз ҳама, омӯхтани ҳолати мувозинатӣ ва таъсири параметрҳои берунӣ, аз ҷумла ҳарорат ва фишор, ба ҳолати мувозинатӣ мувофиқи мақсад аст. Барои амалӣ кардани чунин мақсад усулҳои термодинамикиро ба таври васеъ татбиқ менамоянд [1,2]. Усулҳои термодинамикӣ гуногунанд ва вобаста ба мақсади таҳқиқоти илмӣ ва истифодаи натиҷаҳои он дар истеҳсолот усули мушаххаси термодинамикиро интихоб бояд кард. Усулҳои термодинамикие, ки бештар мавриди истифода қарор гирифтаанд, инҳоанд [3]:

- муайян кардани параметрҳои термодинамикии реаксияҳои кимиёӣ аз рӯи хосиятҳои компонентҳои онҳо;
- муайян кардани хосиятҳои моддаҳои кимиёӣ аз рӯи меъёри монандии кимиёӣ;
- муайян кардани параметрҳои термодинамикии реаксияҳои кимиёӣ дар асоси муқоисаи реаксияҳои кимиёӣ.

Дар ин мақола тарзи истифодаи усули термодинамикии «Муайян кардани параметрҳои термодинамикии реаксияҳои кимиёӣ аз рӯи хосиятҳои компонентҳои онҳо» дар таҳқиқоти илмӣ мавриди арзёбӣ қарор гирифтааст. Интихоби чунин мавзӯъ ба он хотир аст, ки дар кафедраҳои кимиёи физикӣ ва коллоидӣ, кимиёи ғайриузвӣ, кимиёи таҳлилӣ, кимиёи татбиқӣ ва институти илмӣ-таҳқиқотии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон корҳои илмӣ-таҳқиқотӣ дар маҳлулҳо барои омӯзиши равандҳои мухталифи кимиёӣ бо истифодаи тариқаҳои потенсиометрӣ сурат мегиранд ва ҷиҳати ҳисоби параметрҳои термодинамикии реаксияҳои кимиёӣ ва хосиятҳои термодинамикии моддаҳои кимиёӣ аз усулҳои термодинамикӣ ва ба хусус аз усули «Муайян кардани параметрҳои термодинамикии реаксияҳои кимиёӣ аз рӯи хосиятҳои компонентҳои онҳо» самаранок истифода менамоянд [4].

Бо истифода аз усулҳои термодинамикии зикргардида хосиятҳои термодинамикии моддаҳои ғайриузвӣ, моддаҳои узвӣ ва параметрҳои термодинамикии реаксияҳои кимиёӣ дар шароити мушаххас ва мухталиф ҳисоб карда шудаанд. Арзишноктарин нукта зимни истифода аз усулҳои термодинамикӣ он аст, ки параметрҳои термодинамикии реаксияҳо аз ҳаҷм ва миқёси гузаронидани реаксияҳо амалан вобастагӣ надоранд, бинобар ин, муайян кардани онҳо раванди татбиқи натиҷаҳои таҳқиқоти лабораториро дар шароитҳои истеҳсолӣ осон менамояд.

Мусаллам аст, ки худ ба худ, яъне бе сарфи кор аз муҳит, ҳар як система танҳо аз ҳолати камтар устувор ба ҳолати бештар устувор гузашта метавонад. Зимни доимӣ будани ҳарорат ва фишор чунин гузариш ҳамеша бо коҳиш ёфтани энергияи Гибсси система ба амал меояд. Ҳудуди гузариши реаксия, яъне шарти мувозинат дар система, шарти $\Delta G = 0$ мебошад. Барои ҳисоб кардани энергияи Гибсс ва тағйирёбии энергияи Гибсс ҳангоми доимӣ будани ҳарорат ва фишор энталпияю энтропияи моддаҳо ва тағйирёбии онҳо дар натиҷаи реаксия бузургиҳои ибтидоӣ маҳсуб меёбанд:

$$G = H - TS \quad (1)$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (2)$$

Энтропия, инчунин, барои муайян кардани таъсири ҳарорат ба энергияи Гибсс ва тағйирёбии он дар натиҷаи гузаштани реаксия ва тағйирёбии энталпия барои муайян кардани таъсири ҳарорат ба константаи мувозинатӣ истифода мешавад, зеро мувофиқи қонунҳои якум ва дуюми термодинамика чунин вобастагиҳо мавҷуданд:

$$\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p = -S \quad \left(\frac{\partial \Delta G}{\partial T}\right)_p = -\Delta S \quad (3)$$

$$\left(\frac{\partial \ln K}{\partial T}\right)_p = \frac{\Delta H}{RT^2} \quad (4)$$

Аз ифодаҳои (3) ва (4) мувофиқан барои ҳароратҳои T_1 ва T_2 чунин муодилаҳо ҳосил мешаванд:

$$G_{T_2} = G_{T_1} - \int_{T_1}^{T_2} SdT \quad (5)$$

$$\Delta G_{T_2} = \Delta G_{T_1} - \int_{T_1}^{T_2} \Delta S dT \quad (6)$$

$$\ln K_{T_2} = \ln K_{T_1} - \frac{1}{R}\int_{T_1}^{T_2} \frac{\Delta H}{T^2} dT \quad (7)$$

Тағйирёбии функсияҳои термодинамикӣ дар шароити стандартӣ байни ҳамдигар ва бо константаи мувозинатӣ К бо таносубҳои сода алоқаманд мебошанд:

$$- RT\ln K = \Delta G^o \quad (8)$$

$$\Delta G^o = \Delta H^o - T\Delta S^o \quad (9)$$

$$RT\ln K = - \Delta H^o/T + \Delta S^o \quad (10)$$

Умуман, ΔH^o ва ΔS^o ба тағйирёбии ҳамин бузургиҳо дар шароити мувозинатӣ ($\Delta H_{мувоз.}$ ва $\Delta S_{мувоз.}$) баробар нест, вале дар фишорҳои на он қадар баланд, дар ҳудуди татбиқшавии қонунҳои газҳои идеалӣ ΔH^o ва ΔH аз ҳамдигар хеле кам фарқ мекунанд ва фарзияи ба ҳамдигар баробар будани ин бузургиҳо ба натиҷаҳои ҳисоби онҳо дар равандҳои таҳқиқотӣ таъсири назаррас намерасонад. Дар ҳамин шароит бо назардошти он ки $\Delta G = 0$ аст, таносуби байни тағйирёбии стандартии энтропия ΔS^o ва тағйирёбии мувозинатии энтропия $\Delta S_{мувоз.}$ ба таври зерин ифода карда мешавад:

$$\Delta S^o = \Delta S_{мувоз.} + R\ln K \quad (11)$$

Мувофиқи ифодаи (2) барои худ ба худ гузаштани равандҳои химиявӣ ду омил - қиматҳои манфии калони ΔH, яъне хориҷ шудани гармии зиёд дар рафти реаксия ва қиматҳои мусбати калони ΔS, яъне афзудани энтропия мусоидат менамоянд. Барои аксари реаксияҳои на он қадар мураккаб омили якум-коҳиши ΔH – омили энергетикӣ нишонаи муқаррарии табии устувор шудани система дар натиҷаи коҳиш ёфтани захираи энергияи дохилӣ мебошад, ки дар агрегатсияи бештари моддаҳо, яъне афзудани андозаи заррачаҳо зоҳир мегардад. Омили дуюм – афзудани ΔS – омили энтропиявӣ бошад, кӯшиши системаи реаксиониро барои дезагрегатсия, яъне барои афзоиш ёфтани равандҳои диссотсиатсионӣ (таҷзиявӣ) ва ҳосил шудани заррачаҳои таркибашон нисбатан сода, ки аз таъсири ҳаракати гармоии заррачаҳо рух дода метавонанд, ифода менамояд.

Барои реаксияҳое, ки системаро ба ҳолати мувозинатӣ наздик мекунанд, ин ду омили бо ҳам муқобилтаъсир мебошанд, аз ин сабаб самти умумии гузариши реаксия аз рӯи афзалияти яке аз омилҳо муайян карда мешавад ва оқибат боиси ба ҳамдигар

наздик шудани қиматҳои бузургиҳои ΔH ва TΔS мегардад. Чунин тағйирёбии ҳолати система то вақте давом мекунад, ки қиматҳои бузургиҳои ΔH ва TΔS байни ҳам баробар шаванд ва дар натиҷа ҳолати мувозинатӣ барқарор мегардад (ΔG = 0). Азбаски ΔH – и реаксия аслан аз консентратсияи моддаҳои реаксионӣ хеле кам вобаста аст (ба ғайр аз системаҳое, ки таҳти фишори баланд қарор доранд ва маҳлулҳои консентронида), пас, барқарор шудани мувозинат амалан пурра тавассути вобастагии консентратсионии ΔS муайян карда мешавад.

Ҳангоми истифодаи ифодаҳои (8-10) асосан ду тарзи муайян кардани параметрҳои темодинамикӣ вомехӯранд. Дар кафедраҳои кимиёи физикӣ ва коллоидӣ, кимиёи ғайриузвӣ, кимиёи таҳлилӣ, кимиёи татбиқӣ ва институти илмӣ-таҳқиқотии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон аз ҳар ду тарз истифода менамоянд. Тарзи якум ба он асос ёфтааст, ки аввал бо истифода аз муодилаи Кирхгофф [5] ва муодилаи вобастагии гармиғунҷоиш C_p аз ҳарорат [5] тағйирёбии энталпия, сипас тағйирёбии энтропия ва бо ифодаи (9) тағйирёбии энергияи Гибссро ҳисоб менамоянд. Бо истифодаи қиматҳои ҳосилшуда тавассути ифодаҳои (8) ва (10) қимати константаи мувозинатро дар ҳароратҳои гуногун ҳисоб карда, вобастагии ҳароратии онро дар шакли ҷадвал ё ба тариқи графикӣ пешниҳод менамоянд [6,7] . Мувофиқи тарзи дуюм натиҷаҳои таҷрибавии вобастагии рафти реаксияро аз фишори газҳо ё аз консентратсияи моддаҳои реаксионӣ истифода карда, аввал ба асоси ифодаи муодилаи мувофиқи қонуни таъсири масса дар таҳқиқоти мавриди назар қиматҳои константаи мувозинатиро дар ҳароратҳои гуногун ҳисоб карда, сипас қиматҳои ΔH, TΔS ва ΔG ҳисоб карда мешаванд [8,9].

Дар ҳисобҳои термодинамикӣ як шакли дигари функсияҳои термодинамикиро низ истифода мекунанд. Барои ҳосил кардани ин шакли функсияҳои термодинамикӣ ҳар ду тарафи ифодаи (1) -ро дар шароити стандартӣ ба T тақсим кардан кифоя аст. Дар натиҷа чунин ифода ҳосил мешаванд:

$$\frac{G_T^0}{T} = \frac{H_T^0}{T} - S_T^0 \quad (12)$$

Аз тарафҳои чап ва рости ифодаи (12) нисбати H^0_{T1} / T-ро тарҳ карда, чунин муодила ҳосил мекунем:

$$\frac{G_T^0 - H_{T_1}^0}{T} = \frac{H_T^0 - H_{T_1}^0}{T} - S_T^0 \quad (13),$$

дар ин ҷо T_1 ҳарорати ибтидоӣ аст.

Истифодаи функсияҳои $\left(G_T^0 - H_{T_1}^0\right)/T \ \ (à)$ ва $\left(H_T^0 - H_{T_1}^0\right)/T \ \ (á)$ зимни арзёбии таъсири ҳарорат ба мувозинати кимиёӣ як афзалият дорад. Тағйирёбии функсияи (а) дар натиҷаи реаксия аз ҳарорат нисбатан камтар вобастагӣ дорад, ин имконият медиҳад, ки функсияро бо осонӣ интерполятсия ва дар ҳудудҳои муайян экстаполятсия намоем. Дар ҳарорати 298K функсияи зикршуда ба қимати манфии энтропия баробар аст:

$$\frac{G_T^0 - H_{298}^0}{T} = -S_{298}^0 \quad (14)$$

Ифодаи (14) – ро чунин низ ифода менамоянд:

$$\hat{O}^* = -\frac{G_T^0 - H_0^0}{T} \quad (15)$$

Функсияи мазкур дар адабиёти илмӣ номҳои гуногун дорад ва номи маъмултаринаш функсияи энергияи Гибсс мебошад. Аз ин функсия истифода карда, тағйирёбии энергияи Гибсс дар реаксияҳои кимиёӣ ва константаи мувозинатии реаксияро ҳисоб кардан имконпазир аст.

$$\Delta G_T^0 = \Delta H_{T_1}^0 + T\Delta\left(\frac{G_T^0 - H_{T_1}^0}{T}\right) \quad (16)$$

$$-R\ln K_T = \frac{\Delta H_{T_1}^0}{T} + \Delta\left(\frac{G_T^0 - H_{T_1}^0}{T}\right) \quad (17)$$

Ин ифодаҳо бо сабаби дар ҷалвалҳо дар ҳудуди васеи ҳарорат мавҷуд будани қиматҳои тайёри $\left(G_T^0 - H_{T_1}^0\right)/T$ дар амал хеле зиёд истифода мешаванд.

Ҳамин тариқ, бо усули термодинамикии «Муайян кардани параметрҳои термодинамикии реаксияҳои кимиёӣ аз рӯи хосиятҳои компонентҳои онҳо» равандҳои гуногуни кимиёвиро дар шароити лабораторӣ ва истеҳсолӣ, аз ҷумла равандҳои дар автоклавҳо амалишавандаро мавриди омӯзиш қарор додан имконпазир аст. Яке аз чунин равандҳо оксидонидани автоклавии силитсий тавассути чорхлориди карбон мебошад ва дар натиҷаи он ба сифати маҳсули асосӣ хлориди силитсий $SiCl_4$ ҳосил мешавад, ки аҳамияти муҳими амалӣ дорад [10,11]. Бо назардошти он ки ҳалшавандагии карбон дар силитсий кам аст, хлоронидани силитисий тавассути тетрахлориди карбон мувофоқи муодилаи зерин танҳо стехиометрияи равандро ифода мекунад:

$$Si + CCl_4 = SiCl_4 + C$$

Дар асл оксидонидани силитсий аз ҳолати Si^0 то ҳолати Si^{+4} тавассути CCl_4 бо схемаи мураккаб ва дар якчанд зина мегузарад. Вале сабаб, шароит ва омилҳое, ки ба чунин тарз сурат гирифтани реаксия мусоидат менамоянд, инчунин, нишондиҳандаҳои сифатию миқдории он то ҳол ба таври саҳҳеҳ ва аниқ муайян карда нашудааст. Зиёда аз ин амалӣ кардани ин раванд дар иштироки бухори HF механизми реаксияро боз ҳам мураккабтар ва эҳтимолияти гузаштани зинаҳои дигари реаксияро афзун мегардонад. Зимнан тазаккур бояд дод, ки танҳо дар сурати дуруст ошкор намудани механизми маҷмӯи равандҳое, ки дар рафти бо CCl_4 хлоронидани силитсий рух дода метавонанд, натиҷаҳои дилхоҳи илмӣ ба даст овардан имконпазир мебошад ва дар сурати дар истеҳсолот татбиқ намудани натиҷаҳои лабораторӣ арзишноктарин нуктаҳо маҳсуб хоҳанд ёфт.

Константаи мувозинатии реаксияи

$$Si + CCl_4 = SiCl_4 + C$$

бо назардошти қонуни таъсири масса чунин ифода карда мешавад:

$$K = a_{SiCl4} \cdot a_C / a_{Si} \cdot a_{CCl4}$$

Дар ин ифода a_{SiCl4}, a_C , a_{Si} ва a_{CCl4} – мувофиқан фаъолнокии $SiCl_4$, C, Si ва CCl_4 мебошад. Дар шароити автоклав муайян кардани ин бузургиҳо ғайриимкон аст. Аз ҳамин сабаб ба сифати тағйиёбандаи асосӣ бузургии фишори система гирифта шудааст, ки аз ҳарорат вобаста аст. Вобастагии термодинамикии фишор ва ҳарорат имконият медиҳад, ки дар баробари омӯзиши раванди мувозинатӣ, инчунин самти раванди кимиёии мавриди назар аниқ карда шавад. Барои таҳқиқи ҳолати мувозинати кимиёӣ омилҳои таъсиррасони термодинамикӣ, ба монанди фишор, ҳарорат ва консентратсияи моддаҳои реаксионӣ истифода мешаванд.

Дар шароити лабораторӣ як силсила таҳқиқот доир ба хлоронидани силитсий бо чорхлориди карбон дар автоклавҳои аналитикӣ амалӣ гардид. Усулҳои гуногуни дар шароити лабораторӣ ва истеҳсолӣ амалӣ кардани чунин равандҳои автоклавӣ мавҷуданд
[12-15]. Тарзи гузаронидани таҷрибаҳои зарурии лаборатории ин таҳқиқот дар [16] муфассал шарҳ дода шудааст. Раванди хлоронидани силитсий бо чорхлориди карбон дар иштироки катализатор дар автоклави аналатикӣ чунин сурат мегирад:

$$Si_{(c)} + HF_{(м)} + CCl_{4(г)} = C_{(c)} + HF_{(г)} + SiCl_{4(г)}$$

Константаи мувозинатӣ аз рӯи фишори ҷузъӣ барои реаксияи мазкур бо формулаи зерин ҳисоб карда шуд:

$$K_p = \frac{P_{HF} \cdot P_{SiCl_4}}{P_{CCl_4}} \quad (18)$$

Барои муайян намудани шароити гузариши реаксияҳо чунин шартҳо мавриди эътибор қарор гирифт:

1) Реаксияи кимиёии баррасишаванда асосан дар фазаи газӣ сурат мегирад, бинобар ин таркиби система тавассути фишорҳои ҷузъӣ ифода гардид.

$$P_i = \frac{n_i}{\sum n_i} \cdot P = N_i P \quad (19)$$

2) Ҳисоби тағйирёбии энергияи озод тавассути муодилаи алоқамандии он бо константаи мувозинатӣ K_p сурат гирифт:

$$\Delta G = -\Delta nRT \ln K_p \quad (20)$$

Барои ҳисоб кардани қимати тағйирёбии энергияи озод, ки самти гузариши равандро муайян мекунад, аз рӯи натиҷаҳои таҷрибавии мо асосан ду усул имконпазир аст.

Якум, ҳангоми муайян будани қиматҳои энталпия ва энтропия қимати энергияи озод барои ҳаргуна ҳарорат аз муодилаи зерин истифода мешавад.

$$\Delta G_T = \Delta H^0_{298} - T\Delta S^0_{298} + \int_{298}^{T} \Delta\sum C_p dT - T\int_{298}^{T} \Delta\sum \frac{C_p}{T} dT \quad (21)$$

Дуюм, муайян кардани қимати энергияи озод бо усули графикӣ. Мо аз ҳамин усул истифода намуда, қимати $\left(\frac{\partial \Delta G}{\partial T}\right)$-ро аз график муайян намудем. Ин қиматро ба муодилаи Гиббс-Гелмголс гузошта, тағйирёбии энталпияро (ΔH_T) бо формулаи зерин ҳисоб намудем:

$$\Delta H_T = \Delta G_T + T\left(\frac{\partial \Delta G}{\partial T}\right)_p \quad (22)$$

Барои ҳисоб намудани қиматҳои энтропия (S) муодилаи зеринро истифода кардем.

$$\Delta S^0_T = \frac{\Delta H^0_T - \Delta G^0_T}{T} \quad (23)$$

Бо истифода аз муодилаи маълуми $\Delta G = -\Delta n 2{,}303 RT \lg K_p$ қиматҳои энергияи озоди Гиббс дар ҳароратҳои таҷрибавӣ ҳисоб карда шуданд (ҷадвали 1) .

Ҷад. 1.Қимати бузургиҳои термодинамикии ҳисобкардашуда барои реаксияи хлоронидани силитсий бо чорхлориди карбон

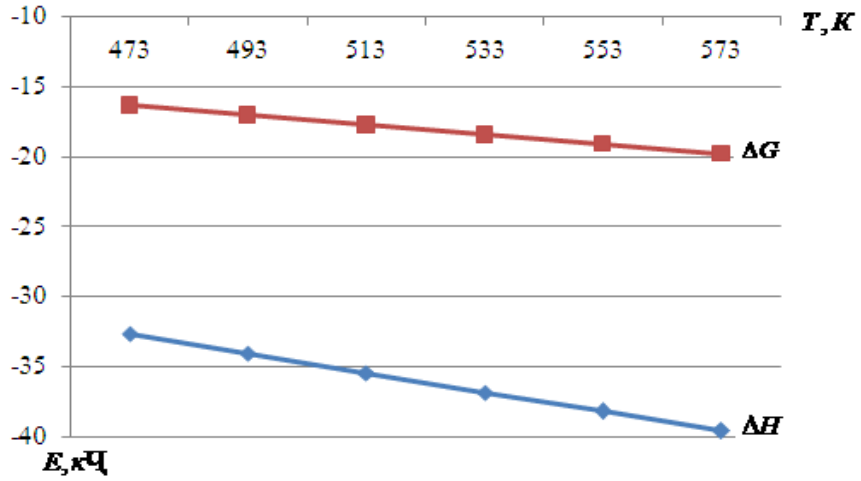
Таб.1. Расчетные значения термодинамических величин для реакции хлорирования кремния хлористым углеродом.

Tab. 1. Calculated values of thermodynamic values for the chlorination of silicon with carbon chloride.

t, ^{0}C	T, К	K_p*10^{-6}	lgK_p	ΔG, кҶ	ΔS, кҶ/К	ΔH, кҶ
200	473	3,8906	-5,409	-16,34	-0,0345	-32,66
220	493			-17,03		-34,04
240	513			-17,73		-35,43
260	533			-18,42		-36,81
280	553			-19,11		-38,19
300	573			-19,80		-39,57

Қиматҳои манфии ΔG аз имконпазирии гузариши раванди хлоронидани силитсий бо CCl_4 дар ҳудуди ҳароратии 450 – 700 К шаҳодат медиҳанд.

Тағйирёбии энтропияи раванди хлоронидан тавассути графики вобастагии ΔG аз ҳарорат ҳисоб карда шудааст (расми 1).



Рас. 1. Вобастагии ΔG ва ΔH аз ҳарорат барои раванди хлоронидани силитсий бо чорхлориди карбон

Рис. 1. Зависимость ΔG и ΔH от температуры для процесса хлорирования кремния хлористым углеродом.

Fig. 1. Dependence of ΔG and ΔH on temperature for the chlorination of silicon with carbon chloride.

Вобастагии чаппаи ΔG аз Т бо қимати манфии тангенси кунҷи моилӣ ва мувофиқан қиматҳои манфии $\Delta S = \frac{\partial(\Delta G)_P}{\partial T}$ (ҷадвали 1) бо муодилаи натиҷавии раванди хлоронидани силитсий бо чорхлориди карбон мувофиқат менамояд. Ба асоси қиматҳои ΔG ва ΔS аз рӯи муодилаи $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$, ки дар он ΔS дар ҳудуди ҳароратии 450 – 700 К ҳамчун бузургии дар ҳудуди мазкур тағйирнаёбанда арзёбӣ мегардад, қиматҳои ΔH ҳисоб карда шуд (ҷадвали 1 ва расми 1). Манфӣ будани қиматҳои ΔH ба экзотермӣ будани равани мавриди таҳқиқот ишора мекунанд. Аз ҷадвали 1 айён аст, ки ҳар қадаре ҳарорат афзояд, қимати мутлақи ΔH калон мешавад. Дар маҷмӯъ, қиматҳои ҳар се нишондиҳандаҳои термодинамикӣ аз имконпазирии гузариши раванди хлоронидани силитсий бо чорхлориди карбон аз рӯи муодилаи реаксияи пешниҳодшуда дар шароитҳои таҷрибивӣ далолат менамоянд.

АДАБИЁТ

1. Артемов, А.В. Физическая химия: Учебник / А.В. Артемов //- М.: Academia, 2019. - 256 с.
2. Стромберг, А.Г. Физическая химия: Учеб. для хим. спец. вузов / А.Г. Стромберг, Д.П. Семченко// - М.: Высшая школа, 2009. - 527 с.
3. Киреев, В.А. Методы практических расчетов в термодинамике химических реакций. / В.А. Киреев// - М.: Химия,1970. - С.7 - 51.
4. Суяров Қ.Ҷ. Татбиқи яке аз усулҳои термодинамикӣ дар таҳқиқоти илмӣ/ Қ.Ҷ.Суяров, С.Лолаев, Миҷгонаи Сайвалӣ, Шеров Қ.М., Файзуллоев Э.Ф. //Маҷмӯаи мақолаҳои конференсияи ҷумҳуриявии илмию амалӣ дар мавзӯи «Заминаҳои рушд ва дурнамои илми химия дар Ҷумҳурии Тоҷикистон» бахшида ба 60-солагии факултети химия ва гиромидошти хотираи д.и.х., профессор, академики АИ ҶТ Нӯъмонов Ишонқул Усмонович (12-14 сентябри соли 2020), -Душанбе,-2020. - С.138-141.
5. Акулова, Ю.П. Физическая химия. Теория и задачи: Учебное пособие / Ю.П. Акулова, С.Г. Изотова // - СПб.: Лань, 2018. - 228 с.
6. Курбонова, Х.Р. Термодинамика процесса совместной переработки каолиновых сиаллитов месторождения Зидды и отходов шламового поля алюминиевого производства / Х.Р. Курбонова, А.Х.Сафиев, Д.Р.Рузиев, К.Дж.Суяров // Вестник Таджикского национального университета, – 2018, №2. – С.141-147.
7. Наимов, Н.А. Термодинамикаи раванди коркарди гили каолини Тоҷикистон бо усули сулфаткунонӣ / Н.А.Наимов, Қ.Ҷ.Суяров, Ғ.Аминҷонӣ, Ҳ.Сафиев //Гузоришҳои Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикиситон, – 2018, –Т. 61, № 11-12. – С.878-882.

8. Шеров, К.М. Исследование процессов автоклавного хлорирования алюминия четыреххлористым углеродом / К.М.Шеров, К.Дж.Суяров, Э.Ф.Файзуллоев // Вестник Таджикского национального университета, – Душанбе: Сино, 2017, – №1/1, – С. 155-166.
9. 9.Суяров, Қ.Ҷ. Нишондиҳандаҳои термодинамикӣ дар раванди хлоронидани силитсий бо чорхлориди карбон / Қ.Ҷ.Суяров, С.Ш.Лолаев, Э.Ф.Файзуллоев, Қ. М. Шеров // Маводи конференсияи чумҳуриявӣии илмӣ-назариявии ҳайати устодону кормандони ДМТ бахшида ба 20-солагии Рӯзи ваҳдати миллӣ ва «Соли ҷавонон», – Душанбе, 2017. – С.565.
10. Рохов, Е.Д. Мир кремния. / Е.Д. Рохов. Перевод с английского А.Д. Никитина под редакцией докт. техн. наук профессора М.В. Соболевского//- Москва: Химия, 1990.- 148с.
11. Фалькевич, Э.С. Технология полупроводникового кремния /Э.С. Фалькевич, Э.О. Пульнер, И.Ф. Черновой// - М: Металлургия, 1992. – 408 с.
12. Шеров, К.М. Автоклавное концентрирование примесей в анализе высокочистого алюминия /К.М. Шеров, В.А. Орлова, Ю.А. Карпов // Ж. Высокочистые вещества, -1991. №6.- С. 178-185.
13. Карпов, Ю.А. Аналитические автоклавы /Ю.А. Карпов, В.А. Орлова// Ж. Высокочистые вещества,-1990. №2. - С.40-56.
14. Карпов, Ю.А. Методы пробоотбора и пробоподготовки. /Ю.А. Карпов, А.П. Савостин// Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2003. -243 с.
15. Карпов, Ю.А. Современные методы автоклавной пробоподготовки в химическом анализе веществ и материалов /Ю.А. Карпов, В.А. Орлова// Ж. Заводская лаборатория. Диагностика материалов,- 2007, №1. - С.4-11.
16. Лолаев, С.Ш. Хлорирование кремния четыреххлористым углеродом/ С.Ш.Лолаев, К.М.Шеров, К.Дж.Суяров, Э.Ф.Файзуллоев// Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук, -2017, № 1/3. - С.189-193.

REFERENCES LITERATURE

1. Artemov, A.V. Physical chemistry: Textbook / A.V. Artemov // - M .: Academia, 2019 . - 256 p.
2. Stromberg, A.G. Physical chemistry: Textbook. for chem. specialist. universities / A.G. Stromberg, D.P. Semchenko // - M .: Higher school, 2009 .- 527 p.
3. Kireev, V.A. Practical calculation methods in thermodynamics chemical reactions. / V.A. Kireev // - M.: Chemistry, 1970. - P. 7 - 51.
4. That Q.J. One of termodinamikӣ implementation methods in academic / research. Q.J.Sujarov, S.Lolaev, S.Mijgonai, Q.M.Sherov, E.F. Fayzulloev // set of articles of scientific and practical conference on the theme of the knowledge base for the development and prospects of chemistry in 'dedicated to the 60th anniversary of the Faculty of Chemistry and to honor the memory d.i.x., professor, academician of the Academy of Sciences Numonov Ishonqul Usmonovic (12-14 September 2020), Dushanbe, -2020. - S.138-141.
5. Akulova, Y.P. Physical chemistry. Theory and tasks: Textbook / Yu.P. Akulova, S.G. Izotova // - SPb.: Lan, 2018 .- 228 p.
6. Kurbonova, H.R. Thermodynamics of the process of joint processing of kaolin siallites of the Zidda deposit and waste of the sludge field of aluminum production / Kh.R. Kurbonova, A.Kh.Safiev, D.R.Ruziev, K.J.Suyarov // Bulletin of the Tajik National University, - 2018, No. 2. - P. 141-147.
7. Naimov, N.A. Termodinamikai kaolini processing clay with sulfatkunonӣ / N.A.Naimov method, Q.J.Sujarov, G.Aminjonӣ, H.Safiev // Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Toҷikisiton, 2018 - -T. 61, No. 11-12. - P.878-882.
8. Sherov, Q.M. Investigation of the processes of autoclave chlorination of aluminum with carbon tetrachloride / Q.M.Sherov, Q.J.Suyarov, E.F. Faizulloev // Bulletin of the Tajik National University, - Dushanbe: Sino, 2017, - №1 / 1, - P. 155- 166.
9. Sujarov, Q.J. termodinamikӣ indicators in the process xloronidani with low carbon corxloridi / Q.J.Sujarov, S.Sh.Lolaev, E.F.Fajzulloev, Q.M. M. Sherov // Materials of scientific-theoretical conference ҷumҳurijavӣii University professors and staff members dedicated to the 20th anniversary of the national day of unity and the 'Year of Youth', - Dushanbe, 2017. - P.565.
10. Rokhov, E. D. The world of silicon. / E. D. Rohov. Translated from English by A.D. Nikitin, edited by Dr. tech. Sciences professor. M.V. Sobolevsky // - Moscow: Chemistry, 1990. – 148 p.
11. Falkevich, E.S. Semiconductor silicon technology / E.S. Falkevich, E.O. Pulner, I.F. Rough // - M: Metallurgy, 1992 .- 408 p.
12. Sherov, K.M. Autoclave Concentration of Impurities in the Analysis of High-Purity Aluminum / K.M. Sherov, V.A. Orlova, Yu.A. Karpov // J. High-purity substances, -1991. No. 6.- P. 178-185.
13. Karpov, Yu.A. Analytical autoclaves / Y.A. Karpov, V.A. Orlova // J. High-purity substances, -1990. № 2. -P.40-56.
14. Karpov, Y.A. Sampling and sample preparation methods. /Yu.A. Karpov, A.P. Savostin // Moscow: Binom. Knowledge laboratory, 2003.-243 p.
15. Karpov, Y.A. Modern methods of autoclave sample preparation in the chemical analysis of substances and materials / Y.A. Karpov, V.A. Orlova // J. Factory Laboratory. Diagnostics of materials, - 2007, No. 1. - P.4-11.
16. Lolaev, S.Sh. Chlorination of silicon with carbon tetrachloride / S.Sh. Lolaev, Q.M.Sherov, Q.J.Suyarov, E.F. Faizulloev // Bulletin of the Tajik National University. Series of natural sciences, -2017, No. 1/3. - P. 189-193.

ХУСУСИЯТҲОИ ТЕРМОДИНАМИКИИ РАВАНДИ ХЛОРОНИДАНИ СИЛИТСИЙ ДАР АВТОКЛАВ

Бо мақсади муайян кардани нишондиҳандаҳои термодинамикии равандҳои автоклавии оксидонидани силитсий тавассути чорхлориди карбон ҷиҳати ҳосил кардани хлориди силитсий $SiCl_4$, ки аҳамияти муҳимми амалӣ дорад, инчунин, барои ошкор намудани хусусиятҳои термодинамикии равандҳои имконпазир усули термодинамикии «Муайян кардани параметрҳои термодинамикии реаксияҳои кимиёӣ аз рӯи хосиятҳои компонентҳои онҳо» мавриди истифода қарор гирифтааст. Асосҳои назариявӣ ва имконияти истифодаи амалии

усули мазкур дар таҳқиқоти илмӣ муфассал арзёбӣ гардидааст. Ин усул ду тарзи истифода дорад. Мувофиқи тарзи якум, аввал бо истифода аз муодилаи Кирхгофф ва муодилаи вобастагии гармиғунҷоиш C_p аз ҳарорат тағйирёбии энталпия, энтропия ва энергияи Гибссро муайян карда, сипас қимати константаи мувозинатро дар ҳароратҳои гуногун ҳисоб менамоянд. Аз рӯи тарзи дуюм натиҷаҳои таҷрибавии вобастагии рафти реаксияро аз фишори газҳо ё аз консентратсияи моддаҳои реаксионӣ истифода карда, аввал ба асоси ифодаи муодилаи мувофиқи қонуни таъсири масса қиматҳои константаи мувозинатиро дар ҳароратҳои гуногун ҳисоб карда, сипас қиматҳои ΔH, TΔS ва ΔG ҳисоб карда мешаванд. Ба асоси қиматҳои константаи мувозинатӣ, ΔG ва ΔS аз рӯи муодилаи $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$, ки дар он ΔS дар ҳудуди ҳароратии 450–700К ҳамчун бузургии дар ҳудуди мазкур тағйирнаёбанда арзёбӣ мегардад, қиматҳои ΔH ҳисоб карда шуд. Манфӣ будани қиматҳои ΔH ба экзотермӣ будани раванди мавриди таҳқиқот ишора мекунанд. Дар маҷмӯъ, қиматҳои ҳар се нишондаҳандаҳои термодинамикӣ аз имконпазирии гузариши раванди хлоронидани силитсий бо чорхлориди карбон аз рӯи муодилаи реаксияи пешниҳодшуда дар шароити таҷрибивӣ далолат менамоянд.

Калидвожаҳо: термодинамика, параметрҳои термодинамикӣ, усули термодинамикӣ, ҳарорат, гармиғунҷоиш, компонент, раванди экзотермӣ, энталпия, энтропия, энергияи Гиббс, константаи мувозинатӣ, силитсий, хлоронидани силитсий, чорхлориди карбон, хлориди силитсий, автоклав.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА АВТОКЛАВНОГО ХЛОРИРОВАНИЯ КРЕМНИЯ

С целью определения термодинамических показателей процессов автоклавного окисления кремния тетрахлоридом углерода с последующим получением хлорида кремния $SiCl_4$, имеющим важное прикладное значение, а также для выявления термодинамических особенностей возможных при этом процессах, использован термодинамический метод «Определение термодинамических параметров химических реакций по свойствам их компонентов». Подробно рассмотрены теоретические основы и возможности применения указанного метода в научных исследованиях. Этот метод имеет два способа применения. Согласно первого способа с использованием уравнения Кирхгоффа и уравнения зависимости теплоемкости C_p от температуры определяются изменения энтальпии, энтропии и энергии Гибсса с последующим вычислением значений константы равновесия при различных температурах. По второму методу использованием экспериментальных результатов и зависимости хода реакций от давления газов или от равновесных концентрации реакционных веществ на основе соответствующего уравнения закона действующих масс вычисляются значения константы равновесия при различных температурах, а затем определяются значения ΔH, TΔS и ΔG. На основе значений константы равновесия, ΔG и ΔS по уравнению $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$, в котором ΔS в экспериментальном температурном интервале 450–700К рассматривается как постоянная величина, вычислены значения ΔH. Отрицательные значения ΔH свидетельствуют об протекании экзотермических процессов исследования. В целом, значения всех трех термодинамических параметров указывают о возможности протекания процесса хлорирования кремния тетрахлоридом углерода по предложенному химическому уравнению в лабораторных условиях.

Ключевые слова: термодинамика, термодинамические параметры, термодинамические методы, температура, теплоемкость, компонент, экзотермический процесс, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса, константа равновесия, кремний, хлорирование кремния, чорхлористый углерод, хлорид кремния, автоклав.

THERMODYNAMIC FEATURES OF THE AUTOCLAVE CHLORINATION OF SILICON

In order to determine the thermodynamic parameters of the processes of autoclave oxidation of silicon with carbon tetrachloride, followed by the production of silicon chloride SiCl4, which is of great applied importance, as well as to identify the thermodynamic features of the processes possible in this process, the thermodynamic method “Determination of the thermodynamic parameters of chemical reactions by the properties of their components” was used. The theoretical foundations and the possibilities of using this method in scientific research are considered in detail. This method has two uses. According to the first method, using the Kirchhoff equation and the equation for the dependence of the heat capacity Cp on temperature, the changes in enthalpy, entropy and Gibss energy are determined, followed by the calculation of the equilibrium constant values at different temperatures. According to the second method, using the experimental results and the dependence of the course of reactions on the pressure of gases or on the equilibrium concentration of the reaction substances on the basis of the corresponding equation of the law of effective masses, the values of the equilibrium constant are calculated at different temperatures, and then the values of ΔH, TΔS and ΔG are determined. Based on the values of the equilibrium constant, ΔG and ΔS according to the equation ΔG = ΔH-TΔS, in which ΔS in the experimental temperature range of 450–700K is considered as a constant, the values of ΔH are calculated. Negative values of ΔH indicate the occurrence of exothermic research processes. In general, the values of all three thermodynamic parameters indicate the possibility of the chlorination of silicon with carbon tetrachloride according to the proposed chemical equation under laboratory conditions.

Key words: thermodynamics, thermodynamic parameters, thermodynamic methods, temperature, heat capacity, component, exothermic process, enthalpy, entropy, Gibbs energy, equilibrium constant, silicon, silicon chlorination, carbon chloride, silicon chloride, autoclave.

Маълумот дар бораи муаллифон: ***Суяров Қурбон Ҷураевич*** – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, дотсенти кафедраи химиёи физикӣ ва коллоидӣ. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рудакӣ, 17. **Телефон: (+992)** 918-80-80-26. **E-mail:** kurbon.suyarov.1958@mail.ru.

Лолаев Саймумин Шералиевич – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, ходими илмии Институти илмӣ-таҳқиқотӣ. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рудакӣ, 17. Телефон (+992) 918-40-48-67. E-mail: lolaev1978@mail.ru

Файзуллоев Эркин Фатхуллоевич – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, дотсенти кафедраи химиёи физикӣ ва коллоидӣ. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рудакӣ, 17. **Телефон:** (+992)935-56-96-69. **E-mail:** e120286@inbox.ru

Шеров Курбон Мирзоалиевич – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, дотсенти кафедраи кимиёи аналитикӣ. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рудакӣ, 17. Телефон: (**+992) 919-41-57-62.** E-mail: sherov1961@mail.ru.

Сведения об авторах. ***Суяров Курбан Джураевич*** – Таджикский национальный университет, доцент кафедры физической и коллоидной химии. Адрес: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе Душанбе, проспект Рудаки, 17. Телефон: (+992) 918-80-80-26. E-mail: kurbon.suyarov.1958@mail.ru.
Лолаев Саймумин Шералиевич – Таджикский национальный университет, научный сотрудник НИИ. Адрес: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе Душанбе, проспект Рудаки, 17. Телефон (+992) 918-40-48-67. Электронная почта: lolaev1978@mail.ru
Файзуллоев Эркин Фатхуллоевич – Таджикский национальный университет, доцент кафедры физической и коллоидной химии. Адрес: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе Душанбе, проспект Рудаки, 17. Телефон: (+992) 935-56-96-69. E-mail: e120286@inbox.ru
Шеров Курбан Мирзоалиевич – Таджикский национальный университет, доцент кафедры аналитической химии. Адрес: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе Душанбе, проспект Рудаки, 17. Телефон: (+992) 919-41-57-62. E-mail: sherov1961@mail.ru.

Information about the authors: ***Suyarov Kurbon Djuraevich*** – Tajik National University, Candidate of Chemical Sciences, docent of the Department of Physical and Colloidal Chemistry of the Tajik National University, **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **Phone:** 918-80-80-26. **E-mail:** kurbon.suyarov.1958@mail.ru.
***Lolaev Saimumin Sheralievich* –** Tajik National University Researcher at the Research Institute of the. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **Phone** (+992) 918-40-48-67. E-mail: lolaev1978@mail.ru
Fayzulloev Erkin Fatkhulloevich – Tajik National University, Candidate of Chemical Sciences, docent of the Department of Physical and Colloidal Chemistry. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **Phone:** (+992) 935-56-96-69. **E-mail:** e120286@inbox.ru
Sherov Kurbon Mirzoalievich. – Tajik National University, Candidate of Chemical Sciences, docent of the Department of Analytical Chemistry, **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **Phone:** (+992) 919-41-57-62. E-mail: sherov1961@mail.ru

УДК 543.06 + 551.435

ҶАБҲАҲОИ ФИЗИКӢ-ХИМИЯВИИ ТАЪСИРИ ПАРТОВҲОИ КВД «ШИРКАТИ АЛЮМИНИИ ТОҶИК» БА ВАЗЪИ ЭКОЛОГИИ ЗАХИРАҲОИ ОБИИ МИНТАҚА

Иброгимов Д.Э., Гулаҳмадов Ҳ.Ш., Маҷидов Т.С.
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ

Муқаддима. Дар ҷаҳоне, ки имрӯз мо қарор дорем, рушди босуръати истеҳсолот боиси ба миён омадани садҳо ҳазор корхонаҳои истеҳсолӣ гардидааст. Аз ҷиҳати иқтисодӣ ин рушд аз манфиат холӣ набуда, метавонад ба таъсиси ҷойҳои нави корӣ мусоидат намояд. Ҳарчанд ин пешрафт дар арсаи байналмилалӣ аз ҷиҳати иқтисодӣ як такони мусбиеро тавлид намуда бошад ҳам, вале ба вазъи экологии ҷаҳон мушкилоти зиёдеро ба миён оварда истодааст.

Айни замон яке аз мушкилоти муҳим дар ин самт таъсири партовҳои корхонаҳои саноатӣ ба вазъи экологии флора ва фаунаи сайёраи замин мебошад. Дар баробари ин, партовҳои газие, ки дар таркиби худ карбоҳидрогенҳо, монооксид ва диоксиди карбон, газҳои нитроген ва сулфур доранд, ба тағйирёбии иқлим мусоидат карда истодаанд [1-3].

Ба миён омадани чунин вазъ олимони соҳаи экология ва химияро ба он водор менамояд, ки барои безарар гардонидани ҳамагуна партовҳои саноатӣ технологияҳои муфидро коркард намоянд. Натиҷаҳои таҳқиқи муайян намудани ҷанбаҳои физикию химиявии таъсири партовҳои саноатӣ ба таркиби химиявии обҳои ошомиданӣ низ дар ин самт муҳим буда, дар асоси ин натиҷаҳо метавон мушкилоти экологии ҷойдоштаро дуруст арзёбӣ ва роҳҳои пешгирии онро дарёфт намуд. Аз ҳамин лиҳоз, таҳқиқотҳо дар ин самт барои илм ва истеҳсолоти умумиҷаҳонӣ, аз ҷумла барои Тоҷикистон низ муҳим мебошад.

Муҳимтарин натиҷаҳо ва таҳлили онҳо. Тоҷикистон дар ҷаҳон яке аз давлатҳое ба ҳисоб меравад, ки корхонаҳои истеҳсолии он партовҳои саноатиро хело кам ихроҷ менамоянд. Новобаста аз ин афзалиятҳо мушкилоти ҳалталаб дар ин ҷода дида мешавад.

Яке аз чунин мушкилот ин муайян намудани таъсири партовҳои саноатии Корхонаи воҳиди давлатии «Ширкати алюминии тоҷик» (КВД «ШАТ») ба вазъи экологии минтақа мебошад.

Ин ҷанбаро ба инобат гирифта оиди муайян намудани таъсири партовҳои КВД «ШАТ» ба флораи минтақа як зумра таҳқиқотҳо гузаронида шуд ва дар натиҷа муайян карда шуд, ки яке аз компонентҳои партовҳои аэрозолии ин корхонаро фтор ва пайвастагиҳои он ташкил медиҳад[4-6].

Натиҷаҳои таҳқиқот ва таҳлили адабиёти соҳавӣ нишон дод, ки ион ва радикали фтор ниҳоят фаъол буда, метавонад ба равандҳои метаболитикии ҳосилшавии ҷузъҳои растанӣ таъсири худро расонад. Миқдори аз ҳад зиёди он барои фаъолияти муътадили реаксияҳои биохимиявӣ таъсири манфии худро мегузаронад [7].

Дар як ғализати муайян иони фтор аҳамияти калони биохимиявиро дорад. Иони фтор бо ионҳои калсий ва иони боқимондаи кислотаи фосфат устухонҳоро мустаҳкам ва сирри дандонҳоро устувор менамояд. Барои зебо ва устувор ғаштани нохунҳо ва мӯйи сар фтор низ мусоидат менамояд. Дар рушд ва суръати метаболизми ҳосилшавии эритроситҳо, тромбоситҳо ва лейкоситҳо фаъолияти махсуси биохимиявиро зоҳир менамояд.

Чи тавре маълум аст, фтор ва пайвастагиҳои он дар як миқдори муайян ба организмҳои зинда фоидаовар аст. Миқдори аз ҳад зиёди он ба флора, фауна, инчунин, ба организми инсон таъсири сахти манфии худро метавонад расонад. Мувофиқи талаботи стандартии умумиҷаҳонӣ ва созмони тандурустии ҷаҳонӣ ҳудуди ҷоизии ғализати фтор дар ҳавои атмосфери ба 1,2 баробар аст.

Таҳлили адабиёти соҳавӣ нишон дод, ки ҳамагуна истеҳсолоти алюминий ба гурӯҳи корхонаҳое шомил мебошад, ки бо партовҳои фтордор худ метавонад муҳити экологиро вайрон намояд.

Натиҷаи таҳқиқотҳои илмие, ки мутахассисони соҳаи химия ва экология дар ин самт гузарониданд нишон дод, ки партовҳои ин корхонаҳо дар баробари ба флора ва фауна таъсир намуданашон, инчунин, метавонад ба сифати обҳое, ки дар минтақаҳои осебпазир ҷой гирифтаанд, таъсири манфии худро расонад.

Ин ҷабҳаҳоро ба инобат гирифта, дар рафти пажӯҳиш ва тадқиқот мақсад гузошта шуд, ки таркиби химиявии обҳое, ки дар наздикии КВД «ШАТ» ҷойгир шудаанд таҳқиқ карда шаванд. Азбаски тағйирёбии таркиби об ба иқлим, таркиби хок ва омилҳои табиӣ вобаста мебошад, тадқиқотҳои саҳрои муддати 4 сол (2015-2018) дар мувофиқа бо усулҳои маълум гузаронида шуд [8-12].

Барои тавсифи таркиб ва хосиятҳои физикии об аз тариқаҳои таҳлили физикию химиявӣ истифода намудем [13-18].

Объекти таҳлил поёноби дарёчаҳои «Ширкент» ва «Қаратоғ» қарор дода шуд. Сабаби интихоби ин захираҳои обии шаҳри Турсунзодаи Ҷумҳурии Тоҷикистон дар он мебошад, ки ин дарёҳо дар наздикии КВД «ШАТ» ҷойгир шудаанд.

Барои муайян намудани фтор дар таркиби ин обҳо таҳлили сифатӣ гузаронида шуд. Натиҷаҳои таҳлил нишон дод, ки дар таркиби поёноби дарёи «Қаратоғ» иони фтор мавҷуд нест, вале ин пайвастагиро оби дарёи «Ширкент» дар таркиби худ дорад.

Пас аз ошкор намудани фтор дар таркиби пасоби дарёчаи «Ширкент» таҳлили миқдории фтор дар таркиби ин об гузаронида шуд. Натиҷаҳои таҳлил дар ҷадвали 1 пешниҳод шудааст.

Ҷад. 1. Тағйирёбии ғализати фтор дар таркиби поёноби дарёчаи «Ширкент» вобаста ба фаслҳои сол

Таб. 1. Изменения концентрации фтора в нижнем течении реки Ширкент в зависимости от сезона

Tab. 1. Changes in fluorine concentration in the downstream of Shirkent river depending on the seasons

Соли таҳқиқот	Тағйирёбии ғализати фтор дар моҳҳо (мг/л)												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Тағйирёбии миёна дар сол (мг/л)
2015	0,61	0,59	0,66	0,67	0,69	0,70	0,74	0,71	0,70	0,69	0,64	0,63	0,669
2016	0,54	0,58	0,68	0,69	0,70	0,72	0,77	0,70	0,70	0,67	0,66	0,62	0,668
2017	0,58	0,53	0,64	0,68	0,67	0,68	0,75	0,74	0,68	0,65	0,64	0,60	0,651
2018	0,57	0,57	0,65	0,65	0,68	0,69	0,74	0,69	0,67	0,68	0,65	0,61	0,654
Бо ҳисоби миёна	0,57	0,56	0,65	0,67	0,68	0,69	0,75	0,70	0,69	0,67	0,64	0,61	0,656

Чи тавре аз натиҷаҳои таҳлили миқдории фтор бармеояд, тағйирёбии миқдори фтор дар таркиби поёноби дарёи «Ширкент» характери мавсимӣ дорад. Аз ин ҷо

бармеояд, ки тағирёбии ғализати фтор натанҳо ба иқтидори истеҳсолии КВД «ШАТ», инчунин, ба омилҳои табиӣ низ вобаста мебошад.

Таҳлилҳои экспериментали, ки дар ин ҷода муддати 4 сол гузаронида шудааст, нишон дод, ки миқдори фтор дар моҳҳои декабр-феврал каме коҳиш меёбад. Шояд ин тағйирёбӣ ба кам шудани ҳалшавандагии фтор ва пайвастагиҳои он дар ҳарорати нисбатан паст вобаста бошад, зеро дар ин айём ҳарорати об ба (+1)-(+6) баробар мешавад.

Дар рафти пажӯҳиш ва таҳқиқотҳо, инчунин, муайян карда шуд, ки бо дароз гардидани маҷрои об ғализати фтор оҳиста-оҳиста кам мегардад.

Барои тавсифи таркиби химиявии обҳои таҳлилшаванда ва муайян намудани таъсири партовҳои КВД «ШАТ» ба сифат ва таркиби химиявии онҳо як қатор нишондиҳандаҳои физикию химиявии поёноби дарёҳои «Ширкент» ва «Қаратоғ» муайян карда шуд. Натиҷаҳои таҳлил дар ҷадвалҳои 2 ва 3 пешниҳод шудааст.

Ҷад. 2. Нишондиҳандаҳои физикӣ ва таркиби химиявии поёноби дарёи «Қаратоғ»

Табл. 2. Физико-химический состав нижнего течения реки Каратаг

Tab. 2. Physical indicators and chemical composition of the lower reaches of the river "Karatag"

Номгӯи таҳлил	Натиҷаи таҳлил	Методи истифодашуда
Шаффофӣ	24	ГОСТ 4145 - 72
Муҳит (P^H)	-log [H^+]=7,81	ГОСТ 18164-72
Амиак (мг/дм^3)	дарёфт нашуд	ГОСТ 4192-48
Нитратҳо (мг/дм^3)	2,28	ГОСТ 4192 - 48
Нитридҳо (мг/дм^3)	дарёфт нашуд	ГОСТ 1826 - 73
Дуруштии умумӣ (мг/дм^3)	1,57	ГОСТ 4151 - 72
Боқимондаҳои хушк (мг/дм^3)	1,60	ГОСТ 18164 - 72
Хлоридҳо (мг/дм^3)	4,81	ГОСТ 4245 - 72
Сулфатҳо (мг/дм^3)	20,52	ГОСТ 4389 - 72
Оҳан (мг/дм^3)	0,02	ГОСТ 4011 - 72
Мис (мг/дм^3)	0,01	ГОСТ 4388 - 72
Фтор (мг/дм^3)	Миқдори ниҳоят кам	ГОСТ 4386 - 72
Нишондиҳандаи шикасти рӯшноӣ [n]^{20}	1,2410	ГОСТ 18164-72

Ҷад.3. Нишондиҳандаҳои физикӣ ва таркиби химиявии пасоби дарёчаи «Ширкент»

Таб. 3. Физико-химический состав русла реки Ширкент.

Tab. 3. Physical and chemical composition of the riverbed "Shirkent"

Номгӯи таҳлил	Натиҷаи таҳлил	Методи истифодашуда
Шаффофӣ	26	ГОСТ 4145 - 72
Муҳит (P^H)	-log [H^+]=7,43	ГОСТ 18164-72
Амиак (мг/дм^3)	дарёфт нашуд	ГОСТ 4192-48
Нитратҳо (мг/дм^3)	2,13	ГОСТ 4192 - 48
Нитридҳо (мг/дм^3)	ниҳоят кам	ГОСТ 1826 - 73
Дуруштии умумӣ (мг/дм^3)	1,62	ГОСТ 4151 - 72
Боқимондаҳои хушк (мг/дм^3)	1,64	ГОСТ 18164 - 72
Хлоридҳо (мг/дм^3)	1,93	ГОСТ 4245 - 72

Сулфатҳо (мг/дм³)	21,17	ГОСТ 4389 - 72
Оҳан (мг/дм³)	0,03	ГОСТ 4011 - 72
Мис (мг/дм³)	0,01	ГОСТ 4388 - 72
Фтор (мг/дм³)	0,67	ГОСТ 4386 - 72
Нишондиҳандаи шикасти рӯшноӣ [n]^{20}	1,2450	ГОСТ 18164-72

Чи тавре аз натиҷаҳои таҳқиқи таркиби химиявии обҳои таҳлилшуда, ки дар ҷадвалҳои 2 ва 3 баррасӣ гардидааст, бармеояд, аз ҷиҳати сифат поёноби дарёи «Қаратоғ» нисбат ба поёноби дарёи «Ширкент» афзалият дорад.

Таҳлилҳои минбаъдаи гузаронидашуда дар ин самт нишонд дод, ки ҳар чи қадар об ба самти маҷрои худ зиёдтар равона гардидан гирад, нишондиҳандаҳои физикӣ ва таркиби химиявии он тағйир ёфта, сифати он нисбатан паст мегардад. Тавассути тадқиқотҳои гузаронидашуда муайян гардид, ки ин тағйирёбиҳо ба партовҳои КВД «ШАТ» ягон алоқамандӣ надорад.

Ҳангоми таҳлили таркиби химиявии ин обҳо муайян карда шуд, ки поёноби дарёи «Ширкент» ва «Қаратоғ» нисбат ба болооби худ миқдори нитритҳо ва нитратҳоро зиёдтар дорад. Мушоҳидаҳо нишон дод, ки зиёдшавии ин компонентҳо ба гузаронидани корҳои агротехникӣ ва истифодаи нуриҳои маъдании нитрогендор дар хоҷагиҳои деҳқонии минтақа вобаста мебошад.

Дар рафти иҷрои таҳлилҳои экспериментали, инчунин, миқдори ионҳои калсий магний ва гидрокарбонатҳои таркиби обҳои таҳқиқшаванда муайян карда шуд. Натиҷаҳо дар ҷадвали 4 пешниҳод шудааст.

Ҷад.4. Таҳлили сифатӣ ва миқдории ионҳои Ca^{2+}, Mg^{2+} ва HCO_3^- дар таркиби обҳои таҳлилшаванда

Таб. 4. Качественный и количественный анализ ионов Ca^{2+}, Mg^{2+} и HCO_3^- в анализируемой воде.

Tab. 4. Qualitative and quantitative analysis of Ca^{2+}, Mg^{2+} and HCO_3^- ions in the water under analysis

Намунаи оби таҳқиқшаванда	Компонентҳои муайяншуда			
	Ca^{2+} (мл/л)	Mg^{2+} (мл/л)	HCO_3^- экв/дм³	Гирдрокарбонатҳо (мг/дм³)
Поёноби дарёи «Қаратоғ»	30,2	2,45	1,50	91,5
Поёноби дарёи «Ширкент»	31,05	2,63	1,54	92,7

Чи тавре аз натиҷаҳои таҳлил, ки дар ҷадвали 4 баррасӣ гардидааст, бармеояд, миқдори ионҳои калсий, магний ва ҳидрокарбонатҳои таркиби обҳои таҳқиқшуда ба меъёри обҳои ошомиданӣ мувофиқат менамоянд.

Таҳқиқотҳо оид ба муайян намудани вобастагии тағйирёбии таркиби химиявии обҳои таҳлилшуда ба дарозии маҷрои ҷоришавии поёноби дарёи «Қаратоғ» ва «Ширкент» нишон дод, ки ҳар чи қадар об дар маҷрои худ ҷорӣ гардидан гирад, ҳамон қадар сифати ин обҳо паст гардида, дуруштии муваққатӣ ва доимии ин обҳо меафзояд.

Ҳамин тариқ тавассути истифодаи тариқаҳои таҳлили физикию химиявӣ ва методҳои муҳандисии экологӣ муайян гардид, ки партовҳои КВД «ШАТ» ба экологияи поёноби дарёи «Қаратоғ», ки ба минтақаи осебпазир дохил мешавад, чандон таъсири назаррас надорад. Компонентҳои муайян кардашудаи таркиби об сифатан ва миқдоран гарчанде ба гурӯҳи обҳои ошомиданӣ мувофиқат нанамояд ҳам истифодаи ин обҳо дар хоҷагии халқ зарарнок нест.

АДАБИЁТ

2. Иброгимов, Д.Э. Безотходное производство нефтегазовой отрасли [Текст] / Д.Э. Иброгимов, Х.Ш. Гулаҳмадов // Вестник Таджикского технического университета. №2(26) – Душанбе: Шинос, - 2014. – С.120-121.
3. Иброгимов Д.Э. Экологические аспекты преспективы применения альтернативных топлив в транспорном секторе Республики Таджикистан/ Иброгимов Д.Э., Фохаков А.С., Махмудова Т.М.// Вестник Таджикского национального университета (ISSN-2413-452X.)- 2019. №2 ст.86-93
4. Иброгимов Д.Э. Эффективные технологии производства биодизеля на основе растительных технических масел/ Д.Э.Иброгимов, Т.С.Маджидов, Х.Ш.Гулахмадов, Т.ММахмудова// Политехнический Вестник серия: инженерные исследования – Душанбе: Шинос, -2019. -№1(45). – С.117-121
5. Гигиенические нормативы химических веществ в окружающей среде / под ред. Ю.А. Рахманинова и В.В. Семеновой. - 4-е изд., доп. и перераб. - СПб.: НПО «Профессионал», 2008 - 768 с.
6. Данилов И.П. Профессиональная заболеваемость работников алюминиевой промышленности - возможные пути решения проблемы// И.П.Данилов, В.В.Захаренков, А.М.Олещенко, О.П. Шавлова и др. Бюлл. ВСНЦ СО РАМН. - 2010. - № 4 (74). - С. 17-21.
7. Онищенко Г.Г. Основные оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду// Г.Г.Онищенко, С.М. Новиков, Ю.А.Рахманин, Н.П. Мамчин. – М., 2002. - С. 205-215.
8. Ефимова Н.В. Оценка воздействия фтора на детское население Иркутской области // Н.В.Ефимова, В.Б.Дорогова, О.М.Журба, В.А. Никифорова. Медицина труда и промышленная экология. - 2009. - № 1. - С. 23-26.
9. Мусийчук Ю.И. Фтор и его соединения/Ю.И.Мусийчук, А.Н.Гребенюк, А.Ю. Широков. Серия «Токсикология для врачей». - СПб.: ООО «Издательство Фолиант», 2012. -104 с.
10. Шиян Л.Н. Химия воды. Водоподготовка: учеб. пособие/ Л.Н. Шиян. - Томск: изд- во ТПУ, 2004. – 72 с.
11. Филатов, Н.Н. Об актуальности обеззараживания воды в совре-менных условиях / Н.Н. Филатов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2007. №10. – С. 2–4.
12. Гусева, Т.В. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: Справ. материалы / Т.В.Гусева, Я.П. Молчанова, Е.А. Заика. - М.: Форум: ИНФРА-М, 2007. - 192 с.
13. Иброгимов Д.Э. Качественная и количественная характеристика фенольных соединений в образцах сольных вод Республики Таджикистан [Текст] / Д.Э. Иброгимов, К.М. Палавонов // Вестник Таджикского Национального Университета– Душанбе: Сино, -2017. - №1-3. - С.209-213.
14. Иброгимов Д.Э. Таҳлили сифати ва миқдории ғашиҳои органикӣ дар намунаҳои обҳои шӯр [Текст]/ Иброгимов Д.Э., Палавонов К.М.// Пайёми политехникӣ бахши Тадқиқотҳои муҳандисӣ, №2(42). - Душанбе: Шинос, 2018. - С.68-72.
15. Палавонов, К.М. К вопросу о качестве водных ресурсов РТ / К.М. Палавонов, Д.Э. Иброгимов //Материалы II международной научной конференции «Химия алифатических и циклических производных глицерина и аспекты их применения», посвященной 75 летию памяти д.х.н., профессор член корр. АН РТ Кимсанова Бури Хакимовича –Душанбе: «Андалеб» 8-9 декабря 2016. – С. 197-198
16. Исмоилов С.Р. К вопросу о химических составах образцов воды из водного сооружения г. Душанбе / С.Р. Исмоилов, Д.Э.Иброгимов //Сборник материалов республиканской. научно– практичкой конференции “Проблемы материаловедения в РТ”, посвященной “Дню химика” и 80-летию со дня рождения д.х.н. профессора, академика Международной инженерной академии Вахобова Анвара Вахобовича- Душанбе: «Хумо», 2016. – С. 28-30
17. Морозов А.А. Хроматография в неорганическом анализе [Текст] / А.А. Морозов. – М.: Высшая школа, 1982. – 172 с.
18. Кульский, Л.А. Справочник по свойствам и методам анализа и очистки воды/ Л.А. Кульский, И.Т. Гороновский, А.М. Когановский, М.А. Шевченко. - Киев: Наукова думка, 1980. – 1205 с.
19. Воробьев, А.Е. Основы природопользования: экологические, экономические и правовые аспекты: учебное пособие / А.Е. Воробьев, В.В. Дьяченко, О.В. Вильчинская, А.В. Корчагина.- Ростов н/Д: Феникс , 2007. –542 с.

REFERENCES LITERATURE

1. Ibrogimov, D.E. Waste-free production of oil and gas industry [Text] / D.E. Ibrogimov, Kh.Sh. Gulakmadov // Bulletin of the Tajik Technical University. No. 2 (26) - Dushanbe: Shinos, - 2014. - P.120-121.
2. Ibrogimov D.E. Environmental aspects of the prospects for the use of alternative fuels in the transport sector of the Republic of Tajikistan / Ibrogimov D.E., Fohakov A.S., Makhmudova T.M.// Bulletin of the Tajik National University (ISSN-2413-452X.) - 2019. No. 2. - P. 86-93
3. 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
4. Hygienic standards of chemicals in the environment / ed. Yu.A. Rachmaninov and V.V. Semenova. - 4th ed., Add. and revised - SPb.: NPO Professional, 2008. - 768 p.
5. Danilov I.P. Occupational morbidity of workers in the aluminum industry - possible ways to solve the problem // I.P. Danilov, V.V. Zakharenkov, A.M. Oleshchenko, O.P. Shavlova and others. Byull. VSNTS SB RAMS. - 2010. - No. 4 (74). - P. 17-21.
6. Onishchenko G.G. The main assessments of the risk to public health when exposed to chemicals that pollute the environment // G.G. Onishchenko, S.M. Novikov, Yu.A. Rakhmanin, N.P. Mamchin. - M., 2002. -P. 205-215.
7. Efimova N.V. Assessment of the impact of fluoride on the children's population of the Irkutsk region // N.V. Efimova, V.B. Dorogova, O.M. Zhurba, V.A. Nikiforov. Occupational medicine and industrial ecology. - 2009. - No. 1. - P. 23-26.
8. Musiychuk Yu.I. Fluorine and its compounds / Yu.I. Musiychuk, A.N. Grebenyuk, A.Yu. Shirokov. Series "Toxicology for Doctors". - SPb .: OOO "Foliant Publishing House", 2012. -104 p.
9. Shiyan L.N. Water chemistry. Water treatment: textbook. allowance / L.N. Shiyan. - Tomsk: TPU publishing house, 2004 .- 72 p.

10. Filatov, N.N. On the relevance of water disinfection in modern conditions / N.N. Filatov // Water supply and sanitary engineering. - 2007. No. 10. - P. 2–4.
11. Guseva, T.V. Hydrochemical indicators of the state of the environment: Ref. materials / T.V. Guseva, Ya.P. Molchanova, E.A. Stutterer. - M .: Forum: INFRA-M, 2007. - 192 p.
12. 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.
13. Ibrogimov D.E. Analysis of the quality and quantity of organic sediments in samples of salt water [Text] / D.E.Ibrogimov, K.M. Palavonov // Polytechnic message of the Department of Engineering Research, №2 (42). - Dushanbe: Shinos, 2018. - P.68-72.
14. Palavonov K.M. On the issue of the quality of water resources in the Republic of Tatarstan / K.M. Palavonov, D.E. Ibrogimov // Proceedings of the II International Scientific Conference "Chemistry of aliphatic and cyclic derivatives of glycerin and aspects of their application", dedicated to the 75th anniversary of the memory of Doctor of Chemical Sciences, Professor Corr. AS RT Kimsanov Buri Khakimovich-Dushanbe: "Andaleb" December 8-9, 2016. - P. 197-198
15. Ismoilov S.R. On the question of the chemical composition of water samples from a water structure in Dushanbe / S.R. Ismoilov, D.E. Ibrogimov // Collection of materials of the republican. scientific practical conference “Problems of materials science in the Republic of Tatarstan”, dedicated to the “Day of the chemist” and the 80 th anniversary of the birth of Doctor of Chemical Sciences. Professor, Academician of the International Engineering Academy Vakhobov Anvar Vakhobovich - Dushanbe: "Humo", 2016. - P. 28-30
16. Morozov A.A. Chromatography in inorganic analysis [Text] / A.A. Morozov. - M .: Higher school, 1982 .-- 172 p. 17. Kulsky, L.A. Handbook on the properties and methods of analysis and water purification / L.A. Kulsky, I.T. Goronovsky, A.M. Koganovsky, M.A. Shevchenko. - Kiev: Naukova Dumka, 1980 .-- 1205 p.
17. Vorobiev A.E. Fundamentals of nature management: environmental, economic and legal aspects: textbook/A.E.Vorobiev, V.V. Dyachenko, O.V.Vilchinskaya, A.V.Korchagin. - Rostov n / a: Phoenix, 2007. – 542 p.

ҶАБҲАҲОИ ФИЗИКИЮ ХИМИЯВИИ ТАЪСИРИ ПАРТОВҲОИ КВД «ШИРКАТИ АЛЮМИНИИ ТОҶИК» БА ВАЗЪИ ЭКОЛОГИИ ЗАХИРАҲОИ ОБИИ МИНТАҚА

Тавассути истифодаи тариқаҳои таҳлили физикию-химиявӣ ва методҳои муҳандисию экологӣ ҷабҳаҳои физикию-химиявии таъсири партовҳои истеҳсолоти алюминий ба вазъи экологии минтақа омухта шуд. Натиҷаҳои таҳлил нишон дод, ки партовҳои истеҳсолоти алюминий метавонад ба вазъи экологии минтақаи шаҳри Турсунзода таъсири худро расонад. Омӯзиши таркиби химиявии захираҳои обии шаҳри Турсунзода Ҷумҳурии Тоҷикистон нишон дод, ки дар таркиби поёноби дарёи «Ширкент» ионҳои фтор мавҷуд аст. Ғализати фтор дар таркиби ин об ба ҳисоби миёна 0,656 мг/л-ро ташкил медиҳад. Дар асоси натиҷаҳои бадастовардашудаи илмӣ муайян гардид, ки миқдори фтор дар таркиби ин оби дарё натанҳо ба ҳаҷми партовҳои аэрозолии истеҳсолоти алюминий инчунин ба омилҳои табиӣ ва иқлимии минтақа вобаста мебошад. Барои тавсифи таркиби химиявӣ ва муайян намудани сифати поёнобҳои дарёи «Ширкент» ва «Қаратоғ» як зумра нишондиҳандаҳои физикию-химиявии он аз қабили нишондиҳандаи шикасти рӯшноӣ ($[n]^{20}$), муҳит (P^H), дуруштии умумӣ, боқимондаҳои хушк, миқдори аммиак, нитридҳо, нитратҳо, хлоридҳо, сулфитҳо, оҳан, мис, ионҳои калсий, магний ва ҳидрокарбонатҳо маълум карда шуд. Дар асоси натиҷаҳои таҳлили сифатию миқдории ин компонентҳо муайян карда шуд, ки ҳудуди ҷоизии ғализати моддаҳои идентификатсияшуда ба меъёрҳои экологӣ мувофиқат менамоянд. Натиҷаҳои таҳлилҳои экспериментали дар ин самт нишон дод, ки таркиби химиявии мачрои болои оби ин дарёҳо аз мачрои поёниашон фарқ дошта ҳангоми аз боло ба поён ҷаришавии об ғализати компонентҳои таркиби он меафзояд. Ин тағирёбиҳо боиси зиёд гардидани дуруштии доимӣ ва муваққати об гардида ба паст гардидани сифати поёноби дарёҳои «Ширкент» ва «Қаратоғ» мусоидат менамояд. Ҳамин тариқ тавассути таҳқиқотҳои саҳроӣ ва таҳлилҳои экспериментали муайян карда шуд, ки партовҳои газшакли КВД «Ширкати алюминии тоҷик» ба сифати обҳои ин минтақа чандон таъсири назаррас надоранд.

Калидвожаҳо: истеҳсолоти алюминий, КВД «Ширкати алюминии тоҷик», партовҳо, флора ва фауна, дарёи «Ширкент», дарёи «Қаратоғ», усулҳои таҳлилии физикию-химиявӣ, таркиби химиявӣ, фтор, нишондиҳандаи физикию-химиявӣ, сифати об.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ ОТХОДОВ ГУП «ТАДЖИКСКОЙ АЛЮМИНИЕВОЙ КОМПАНИИ» НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОБСТАНОВКИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕГИОНА

С применением физико-химических и инженерно-экологических методов анализа изученны влияния отходов алюминиевого производства на экологические обстановки водных ресурсов региона. Результаты анализа показало, что алюминиевые производства могут отрицательно влият на экологическую обстановку региона города Турсунзаде. Изучение химического состава водных ресурсов города Турсунзаде Республики Таджикистан показало, что в составе нижнего течения реки «Ширкент» присуствуют иони фтора. Концентрация фтора в составе этих вод в среднем составляет 0,656 мг/л. На основе полученных результатов определено, что количество фтора в составе исследуемой воды не только зависить от аэрозольных отходов алюминиевого производства, также зависить от климатических факторов этого региона. Для характеристики химического состава и определения качества вод в реках «Ширкент» и «Каратог» были определены ряд физико-химических показателей воды такие как: - показатель преломления ($[n]^{20}$), среда (P^H), общая жёсткость, сухой остаток, количество аммиака, нитриды, нитраты, хлориды, сулфиты, железо, медь, ионы кальция, магния и гидрокарбонатов. На основе качественного и количественного анализа этих компонентов определено, что предельная допустимая концентрация идентифицированных веществ соответствуют экологическим стандартам. Полученные экспериментальные анализы в этом направлении показали, что химический состав нижних частей этих рек отличаються от верхних частей. При течение воды в этих реках с верху в низ увеличиваеться концентрация обнаруженных компонентов. Эти изменения обусловливают увеличению значения постоянной и временной жёсткости воды в результате, которого приводят к ухудшениям качества воды в нижних частях реки «Ширкент» и «Каратог». Таким образом, с применением методов полевого исследования и экспериментальных анализов

определено, что газообразные отходы ГУП «Таджикской алюминиевой компании» незначительно влияет на качество воды, водных ресурсов этого региона.

Ключевые слова: алюминиевые производства, ГУП «Таджикская алюминиевая компания», отходы, флора и фауна, река «Ширкент», река «Каратаг», физико-химические методы анализа, химический состав, фтор, физико-химические показатели, качество воды.

PHYSICAL AND CHEMICAL ASPECTS OF THE INFLUENCE OF WASTE OF SUE "TAJIK ALUMINUM COMPANY" ON THE ENVIRONMENTAL SITUATION OF WATER RESOURCES OF THE REGION

Using physical-chemical and engineering-ecological methods of analysis, the influence of aluminum production wastes on the environmental conditions of the region's water resources was studied. The results of the analysis showed that aluminum production can negatively affect the ecological situation in the region of the city of Tursunzade. The study of the chemical composition of the water resources of the city of Tursunzade of the Republic of Tajikistan showed that fluorine ions are present in the lower reaches of the Shirkent River. The concentration of fluorine in these waters averages 0.656 mg / l. Based on the results obtained, it was determined that the amount of fluorine in the composition of the studied water not only depends on the aerosol waste of the aluminum production, but also depends on the climatic factors of this region. To characterize the chemical composition and determine the quality of water in the rivers "Shirkent" and "Karatog", a number of physicochemical indicators of water were determined, such as: - refractive index ([n] 20), medium (RH), total hardness, dry residue, quantity ammonia, nitrides, nitrates, chlorides, sulfites, iron, copper, ions of calcium, magnesium and hydrocarbonates. Based on the qualitative and quantitative analysis of these components, it was determined that the maximum permissible concentration of the identified substances comply with environmental standards. The obtained experimental analyzes in this direction showed that the chemical composition of the lower parts of these rivers differs from the upper parts. With the flow of water in these rivers from top to bottom, the concentration of the detected components increases. These changes lead to an increase in the value of constant and temporary water hardness as a result, which leads to deterioration of water quality in the lower parts of the Shirkent and Karatog rivers. Thus, using the methods of field research and experimental analyzes, it was determined that the gaseous waste of the State Unitary Enterprise "Tajik Aluminum Company" insignificantly affects the quality of water and water resources of this region.

Keywords: aluminum production, State Unitary Enterprise “Tajik Aluminum Company”, waste, flora and fauna, river “Shirkent”, river “Karatag”, physicochemical methods of analysis, chemical composition, fluorine, physical and chemical indicators, water quality.

Маълумот дар бораи муаллифон: ***Иброгимов Дилшод Эмомович*** **–** доктори илмҳои химия, и.в. профессори кафедраи коркарди энергиябарандаҳо ва хизматрасонии нафту гази Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С.Осимӣ. **Суроға:** 734042, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони академикҳо Раҷабовҳо, 10. Тел.: (**+992) 905-22-44-75**. E-mail: ibrogimov_75@mail.ru
Гулаҳмадов Ҳайдар Шарифович **–** номзади илмҳои техникӣ, дотсенти кафедраи экология ва бехатарии фаъолияти инсон-и Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ. **Суроға:** 734042, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони академикҳо Раҷабовҳо, 10. Тел.: (**+992) 918-70-20-81**. E-mail: h.gulahmadov@mail.ru
Маҷидов Тоҳир Саидович - номзади илмҳои техникӣ, дотсенти кафедраи экология ва бехатарии фаъолияти инсон-и Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ. **Суроға:** 734042, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони академикҳо Раҷабовҳо, 10. Тел.: (**+992) 905-44-98-44**. E-mail:mr.majidov@mail.ru

Сведения об авторах: ***Ибрагимов Дилшод Эмомович*** **–** доктор химических наук, и.о. профессор кафедры переработка энергоносителей и нефтегазового сервиса Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими. **Адрес:** 74042, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект академиков Раджабовых, 10. Тел.: (**+992) 905-22-44-75** E-mail: ibrogimov_75@mail.ru
Гулахмадов Хайдар Шарифович – кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности человека и экологии, Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими. **Адрес:** 74042, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект академиков Раджабовых, 10. Тел.: (**+992) 918-70-20-81**, E-mail: h.gulahmadov@mail.ru
Маджидов Тохир Саидович – кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности человека и экологии, Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими. **Адрес:** Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект академиков Раджабовых, 10. Тел.: **(+992)905-44-98-44** E-mail: mr.majidov@mail.ru.

Information about the authors: ***Ibragimov Dilshod Emomovich*** - Doctor of Chemical Sciences, Acting Professor of the Department of Energy Processing and Oil and Gas Services Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi. Address: 74042, Republic of Tajikistan, Dushanbe, avenue of Academicians Radjabovs, 10. Tel.: **(+992) 905-22-44-75** E-mail: ibrogimov_75@mail.ru
Gulakhmadov Haydar Sharifovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Human Life Safety and Ecology, Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi. Address: 74042, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Avenue of Academicians Radjabovs, 10. Tel.: **(+992) 918-70-20-81,** E-mail: h.gulahmadov@mail.ru
Majhidov Tokhir Saidovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Human Life Safety and Ecology, Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi. Address: Republic of Tajikistan, Dushanbe, avenue of Academicians Radjabovs, 10. Tel.: **(+992) 905-44-98-44** E-mail: mr.majidov@mail.ru.

УДК 542.91:541:63:543:544

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ПРОПИЛОВЫХ И ИЗОПРОПИЛОВЫХ ЭФИРОВ НА ОСНОВЕ ХОЛАНОВЫХ КИСЛОТ

Абдуллозода С.И., Муродова М.М.
Институт химии им. В.И. Никитина НАН Республики Таджикистан

Синтез в современной органической химии продолжает оставаться одним из основных направлений ее развития: В этом отношении не является исключением и химия стероидов.

Интерес к синтезу стероидов, в частности, к производным холановых кислот, постоянно растёт в связи с тем, что эти соединения представляют собой полупродукты для синтеза препаратов растворяющих холестериновые камни желчного пузыря, а также используются в полусинтезе некоторых стероидных гормонов [1-5].

В организме желчные кислоты эмульгируют жиры, способствуя тем самым ферментативному расщеплению жиров липозой и всасыванию их в кишечнике [6-7].

Все стероиды имеют структурно общий циклический скелет. Они делятся на следующие большие группы: стерины, желчные кислоты, стероидные гормоны, генины (в виде гликозидов встречающиеся в растениях и находящие применение в качестве лечебных стимуляторов деятельности сердечной мышцы), яды жаб, сапогенины и стероидные алкалоиды, которые в отличие от предыдущих групп содержат азот. В желчи животных и человека находятся желчные кислоты (холановые кислоты). Например, в желчи человека холевая, дезоксихолевая, литохолевая, хенодезоксихолевая, дегидрохолевая и другие кислоты. Это монокарбоновые оксикислоты с одинаковым скелетом, разнящиеся по количеству гидроксилов [8-9].

В настоящее время одним из перспективных методов лечения по удалению холестериновых желчных камней является растворение их химическим способом. Мы ознакомились с данными по растворению холестериновых камней желчного пузыря и желчных протоков, из чего можно сказать что растворение желчных камней является самостоятельным методом лечения. Проблема поиска препаратов, растворяющих холестериновые камни, остаётся, по-прежнему, одной из актуальных задач, стоящих перед учеными проводящими исследования в этой области.

В этом плане следует отметить, что задачей проводимых исследований является нахождение путей использования природных желчных кислот с целью синтеза биологически активных природных соединений для лечения желчно-каменной болезни.

Особый интерес здесь представляют структуры 3а-гидрокси-, 3а,12а-дигидрокси-, 3а,7а-дигидрокси-, 3а,7а-дигидрокси-, 3а,7а,12а-тригидрокси-, 3а,7а,12а-трикетохолановой кислот, которые содержат гидроксильные, карбоксильные и кетонные группы, легко окисляемые, ацилируемые и.т.п. Это представляет возможность синтезировать ряды других производных холановых кислот, которые в последующем могут быть исходным сырьём для получения холилолитических и литолитических препаратов [10].

В тоже время, природные холановые кислоты сами могут являться эффективными средствами для лечения желчнокаменной болезни.

Определенная часть представленного исследования была направлена на достижение этой цели, а также выявления взаимосвязи между строением этих соединений и их биологической активностью.

Исходя из этого, нами, в первую очередь, был осуществлен синтез сложных эфиров холановых кислот.

Сложные эфиры наиболее распространенных кислот, обычно получают нагреванием кислоты с большим избытком спирта и следами хлористого водорода или серной кислоты в качестве катализатора. Данная реакция является равновесной, а катализатор значительно увеличивает скорость достижения равновесия, но не меняет его

положения. Большой избыток спирта, в соответствии с законом действия масс, сдвигает равновесие в сторону образования эфира, таким образом повышая степень превращения кислоты в эфир.

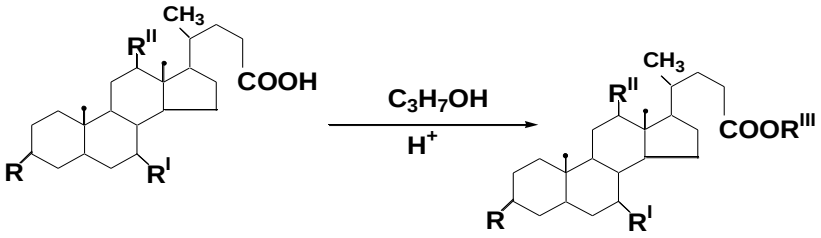
Учитывая все это и приступая к поиску более эффективного пропилирующего и изопропилирующего агента для алкилирования холановых кислот в нашей работе, мы использовали метод Фишера [11-12].

Нам представлялась возможность сравнить поведение холановых кислот в реакции этерификации.

В результате проведения данной реакции этерификации, исходя из пропилового, изопропилового и децилового спиртов, был синтезирован ряд соответствующих сложных эфиров: (|-X). Реакцию проводили при кипячении спиртов с холановыми кислотами в присутствии следов минеральных кислот [13-14].

Перечень соединений (|-X), выход в % температура плавления и данные элементного анализа приведены в таблице 1. По результаты данной таблицы видно, что выходы пропилового и изопропилового эфира холановых кислот колеблются в пределах 84-94%.

Рис. .1
Fig.1



I. R=OH, R^I, R^{II}=H, R^{III}=C_3H_7, II. R=R^{II}=OH, R^I=H, R^{III}=C_3H_7.
III.R=R^I=OH, R^{II}=H, R^{III}= C_3H_7. IV. R=R^I=R^{II} =OH, R^{III}= C_3H_7.
V. R=R^I= R^{II}=O, R^{III}= C_3H_7. VI. R=H, R^I=OH R^{II}=H, R^{III}= C_3H_7.
VII. R=R^I=OH, R^{II}=O, R^{III}= C_3H_7 VIII.R=R^{II}=OH R^I=H, R^{III}= C_3H_7
IX. R=R^I=H, R^{II}=OH, R^{III}= C_3H_7 X.R=O, R^I=H, R^{II}=OH, R^{III}= C_3H_7

Табл.1

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОПИЛОВОГО И ИЗОПРОПИЛОВОГО ЭФИРОВ ХОЛАНОВЫХ КИСЛОТ

Tabl .1

CHARACTERISTICS OF PROPYL AND ISOPROPYL ETHERS OF CHOLANIC ACIDS

№ п/п	Холановых кислот	Выход, %	Т.пл., ^{0}C	*%C* Найдено вычислено	%H Найдено Вычислено	Брутто-формула
I	Изопропиловый эфир 3α-гидрокси-5β-	92	135-136	73,39 77,46	10,98 11,08	$C_{27}H_{46}O_3$
II	Пропиловый эфир 3α,12α-дигидрокси-5β-	84	42-43	74,51 74,60	10,59 10,66	$C_{27}H_{46}O_4$
III	Пропиловый эфир 3α,7α-дигидрокси-5β-	89	94-95	74,49 74,61	10,59 10,66	$C_{27}H_{46}O_4$
V	Пропиловый эфир 3α,7α,12α-тригидрокси-5β-	94	159-160	72,01 71,96	10,33 10,29	$C_{27}H_{46}O_5$
VI	Пропиловый эфир 3α,7α,12α-трикето-5β-	90	103-104	72,89 72,93	8,95 9,06	$C_{27}H_{40}O_5$
VII	Изопропиловый эфир 3-ацетокси-7α-гидрокси-5β-	93	46-47	73,11 72,07	10,09 10,17	$C_{29}H_{48}O_5$

VIII	Изопропиловый эфир 3α,7α-дигидрокси-12α-кето-5β-	91	88-89	73,14 72,13	10,05 10,08	$C_{27}H_{45}O_5$
IX	Изопропиловый эфир 3α,12α-дигидрокси-5β-	89	69-70	74,57 74,60	10,59 10,66	$C_{27}H_{46}O_4$
X	Изопропиловый эфир 3α-ацето-12α-дигидрокси-5β-	88	58-59	73,10 73,06	10,04 10,14	$C_{29}H_{48}O_5$

ИК-спектральное полученных соединения исследование подтверждает факт протекания реакции, что объясняется появлением в спектрах всех соединений интенсивных полос поглощения в областях 1290-1165см$^{-1}$, характеризующих наличие сложноэфирных групп.

Синтезированные новые пропиловые и изопропиловые эфиры холановых кислот и их производных газожидкостной хроматографи при условии: температура термостата 250^{0}С, испарителя 290^{0}С, детектора – 280^{0}С скорость газоносителя 40мл/мин, водорода 30мл/мин, на хроматоне N-AW диаметра зрения 0,160-0,200мм, содержащий 3% SE-30.

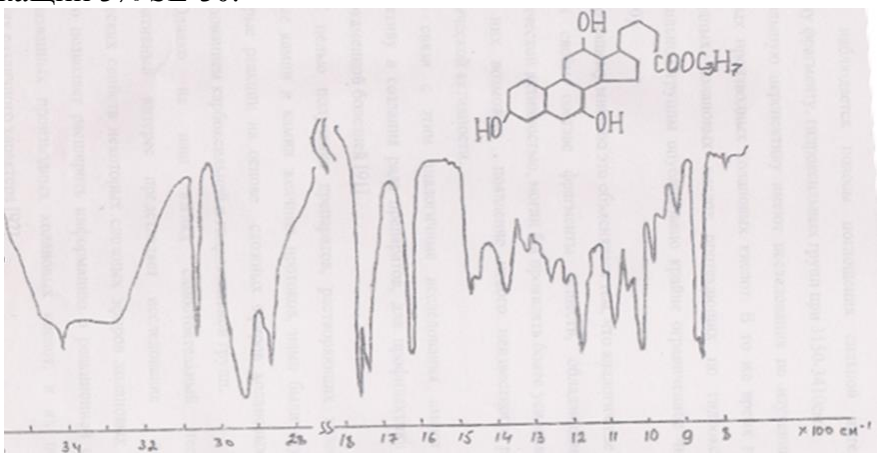


Рис.2. ИК-спектр пропиловый эфир 3α,7α,12α-тригидрокси-5β-холановой кислоты
Fig. 2. IR spectrum 3α, 7α, 12α-trihydroxy-5β-cholanic acid propyl ester

На рисунке 2 в качестве примера приведен ИК-спектр пропилового эфира 3α,7α,12α -тригидрокси-5β холановых кислот. Так, в области 1290 и 1280см$^{-1}$, наблюдаются полосы поглощения сильной интенсивности эфирному фрагменту, гидроксильных групп при 3150-3410см$^{-1}$.

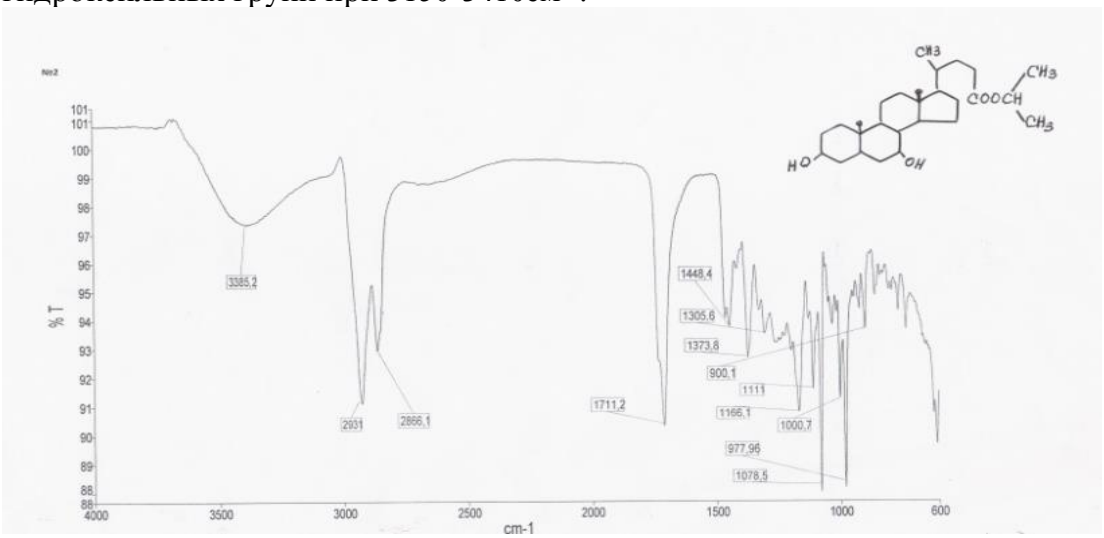
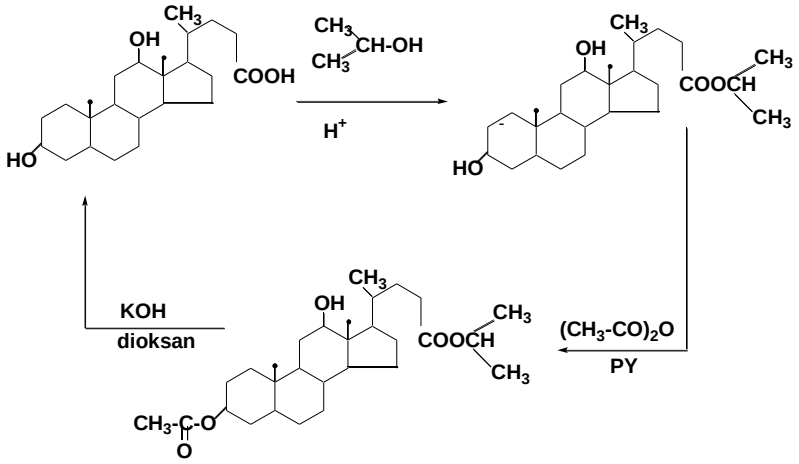


Рис. 3.
Fig.3.

На рисунке 3, в качестве примера, приведени ИК-спектр изопропилового эфира-3α,7α-дигидрокси-5β -холановой кислоты.

Для доказательства структуры соединения изопропилового эфира 3α,12α - дигидрокси-5β-холановой кислоты был использован встречный синтез.

Известен изопропиловый эфир 3-ацетокси-12α-гидрокси-5β-холановой кислоты. Для решения этой задачи нами в первую очередь, было изучена реакция ацилирования по гидроксильной группы в положении С-3 изопропилового эфира 3α,12α-дигидрокси-5β-холановой кислоты IX, а затем последующий гидролиз соединения (X) до 3α,12α-дигидрокси-5β-холановой кислоты [15].



ЛИТЕРАТУРА

1. Архем А.А. Польный синтез стероидов / А.А. Архем, Ю.А.Титов. –М.: Изд. «Наука», 1967. – 306 с.
2. Лезурьевский Г.В. Практические работы по химии природных соединений/ Г.В.Лезурьевский, И.В.Терентева, А.А.Шамшурин. – М.: Изд. «Высшая школа», 1966. – 192 с.
3. Bjokhem I., Danielsson H. Biosyntesis and metabolism of bile acids in man.-In: Progress in liver disease, v. eds. By H. Poper and F. Schaffner. New-York, Grune and Stratton, 1976. -P. 851-850.
4. Актуальные вопросы патологии печени. Выпуск 9. под.ред.акад. Мансурова Х.Х. - Изд. «Дониш», 1985. –С.6-9.
5. Фердман Д.Л. Биохимия/ Д.Л.Фердман. – М., 1966. – 644 с.
6. Физер Л. Стероиды / Л.Физер, М.М.Физер, М.Москва, 1964. – 982 с.
7. Bouchies J.A.O. Gallstones-Urso-Cheno-Report-1990, №44, -p.26-31.
8. Физер Л.,Физер М. Органическая химия. Изд. «Химия», Москва, 1969, т.1. –С.70.
9. Sokolova X.V. Design and synthesis of bile acid peptide conjugates linked via triazole moiety/ X.V. Sokolova, G.V. Latyshev, N.V. Lukashev, V.G. Nenajdenko, // Org. Biolog. Chem.-2011,-V. 9.-P. 4921-4926.
10. Thi T.H.N. Synthesis of cholic acid based calixpyrroles and porphyrins / T.H.N. Thi, L. Cardova, M. Dvorakova, D. Rockva, P. Drasar // Steroids.-2012.-V.77.-P. 858-863.
11. Wang P. Synthesis and Biological Evaluation of New Ligustrazine Derivatives as Anti-Tumor Agents/ P. Wang, G. She, Y. Yang, Q. Li, H. Zhang , J. Liu, Y. Cao, X. Xu, H. Lei // Molecules.-2012.-V.17-P.4972-4985.
12. Banerjee S. Perfluoroalkyl bile esters: a new class of efficient gelators of organic and agueous-organic media / S. Banerjee, V.M. Vidya, A.J. Savyasachi, U. Maitra // J.Mater: chem.-2011.-V.21.-P.14693-14705.
13. Кодиров А.Х. Синтез и биологическая активность сложных эфиров холановых кислот/ А.Х.Кодиров, М.М. Муродова, К.Х. Хайдаров. Материалы Республиканской научно-практической конференции «Актуальные вопросы семейной медицины», посв.75-летию член-корр. РАМН, проф.Ю.Б. Исхаки, Душанбе, 2007г. – С 32-33.
14. Khripach V.A. Synthesis of (24S)-Hydroxy and (24S)-24.25-Epoxycholesterol Analogues, Potential Agonists of Nuclear LXR Receptors / V.A. Khripach, V.N. Zhabinskii, A.V. Antonchick, A.P. Antonchick // Russ.J.Bioorg. Chem.-2006.-V. 32. -P.586-594.
15. Aher N.G. Synthesis and antifungal activity of 1,2,3-triazole containing fluconazole analogues/ N.G. Aher, V.S. Pore, N.N. Mishra, A. Kumar, P.K. Shukja, A. Sharma, M.K. Bhat // Bioorg. Med. Chem. Lett.-2009.-V. 19.-P. 759-763.

REFERENCES LITERATURE

1. Archem A.A. Complete synthesis of steroids / A.A. Archem, Yu.A. Titov. –M .: Ed. "Science", 1967. - 306 p.
2. Lesuryevsky G.V. Practical work on the chemistry of natural compounds / G.V. Lezuryevsky, I.V. Terenteva, A.A. Shamshurin. - M .: Ed. "High School", 1966. - 192 p.
3. Bjokhem I., Danielsson H. Biosyntesis and metabolism of bile acids in man.-In: Progress in liver disease, v. eds. By H. Poper and F. Schaffner. New-York, Grune and Stratton, 1976. -P. 851-850.
4. Topical issues of liver pathology. Issue 9. under the editorship of Acad. Mansurova Kh.Kh. - Ed. "Donish", 1985. –P.6-9.
5. Ferdman D.L. Biochemistry / D.L. Ferdman. - M., 1966 .-- 644 p.
6. Fizer L. Steroids / L. Fizer, M. M. Fizer, M. Moscow, 1964. - 982 p. 7
7. Bouchies J.A.O. Gallstones-Urso-Cheno-Report-1990, No. 44, -P. 26-31.
8. Fieser L., Fieser M. Organic chemistry. Ed. "Chemistry", Moscow, 1969, v.1. –P.70.

9. Sokolova X.V. Design and synthesis of bile acid peptide conjugates linked via triazole moiety/ X.V. Sokolova, G.V. Latyshev, N.V. Lukashev, V.G. Nenajdenko, // Org. Biolog. Chem.-2011,-V. 9.-P. 4921-4926.
10. Thi T.H.N. Synthesis of cholic acid based calixpyrroles and porphyrins / T.H.N. Thi, L. Cardova, M. Dvorakova, D. Rockva, P. Drasar // Steroids.-2012.-V.77.-P. 858-863.
11. Wang P. Synthesis and Biological Evaluation of New Ligustrazine Derivatives as Anti-Tumor Agents/ P. Wang, G. She, Y. Yang, Q. Li, H. Zhang , J. Liu, Y. Cao, X. Xu, H. Lei // Molecules.-2012.-V.17-P.4972-4985.
12. Banerjee S. Perfluoroalkyl bile esters: a new class of efficient gelators of organic and agueous-organic media / S. Banerjee, V.M. Vidya, A.J. Savyasachi, U. Maitra // J.Mater: chem.-2011.-V.21.-P.14693-14705.
13. A.Kh. Kodirov Synthesis and biological activity of cholanic acid esters / A.Kh. Kodirov, M.M. Murodova, K.Kh. Khaidarov. Materials of the Republican Scientific and Practical Conference "Topical Issues of Family Medicine", dedicated to the 75th anniversary of Corresponding Member. RAMS, Prof. Yu.B. Iskhaki, Dushanbe, 2007 - From 32-33.
14. Khripach V.A. Synthesis of (24S)-Hydroxy and (24S)-24.25-Epoxycholesterol Analogues, Potential Agonists of Nuclear LXR Receptors / V.A. Khripach, V.N. Zhabinskii, A.V. Antonchick, A.P. Antonchick // Russ.J.Bioorg. Chem.-2006.-V. 32. -P.586-594.
15. Aher N.G. Synthesis and antifungal activity of 1,2,3-triazole containing fluconazole analogues/ N.G. Aher, V.S. Pore, N.N. Mishra, A. Kumar, P.K. Shukja, A. Sharma, M.K. Bhat // Bioorg. Med. Chem. Lett.-2009.-V. 19.-P. 759-763.

СИНТЕЗ ВА ХОСИЯТҲОИ ПРОПАНОЛ ВА ИЗОПРОПАНОЛ ДАР АСОСИ ЭФИРҲОИ КИСЛОТАҲОИ ХОЛАНИН

Дар мақола натиҷаҳои синтези нави мураккаби пропил ва изопропили кислотаи холанинро бо усули Фишер пешниҳод карда шудааст. Дар марҳилаи кунунии рушди илм дар тамоми ҷаҳон роҳҳо ва усулҳои синтези доруҳои нави самарабахш ҷустуҷӯ карда мешаванд. Дар робита ба ин, синтези мақсадноки синфҳои нави пайвастаҳои стероиди бо хосиятҳои биологии фаъол вазифаи таъхирнопазири олимони химия, дорусозон, фармакологҳо ва биохимикҳо мебошад. Дар байни ҳосилаҳои синтезшудаи кислотаҳои холани нави литолитикӣ, зиддиилтиҳобӣ, микробҳо, поликатсионӣ ва дигар ашёи амалан пуразриш муайян карда шуданд. Айни замон худи кислотаҳои табиии холаникӣ метавонанд агентҳои муассир барои табобати бемории санги талха бошанд. Қисми муайяни таҳқиқоти пешниҳодшуда барои ноил шудан ба ин ҳадаф, инчунин, муайян кардани робитаи байни сохтори ин пайвастаҳо ва фаъолияти биологии онҳо равона карда шудааст. Барои гирифтани маълумоти кофӣ пурра дар бораи рафтори кислотаҳои холани дар реаксияҳои таҳқиқшаванда, таъсири табиати гурӯҳҳои гидроксил ва карбоксил дар реаксияҳои гуногуни ҷойивазкунӣ, инчунин барои татбиқи онҳо дар дигар модификацияҳо бо истифодаи пайвастагиҳои ибтидоии тозагӣ, имконияти истифодаи усулҳои гуногуни тозакунии кислотаҳои холани ва эфирҳои пропилӣ ва изопропилии онҳо ба роҳ монда шудааст.

Калидвожаҳо: кислотаҳои холонат, пропанол, изопропанол, ангидриди кислотаи атсетат ва диоксан, ишқори калий.

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ПРОПИЛОВЫХ И ИЗОПРОПИЛОВЫХ ЭФИРОВ НА ОСНОВЕ ХОЛАНОВЫХ КИСЛОТ

В данной работе приведены результаты синтеза новых сложных пропиловых и изопропиловых эфиров холановой кислоты методом Фишера. На современном этапе развития науки во всем мире изыскиваются пути и методы синтеза новых эффективных лекарственных средств. В связи с этим целенаправленный синтез новых классов стероидных соединений, обладающих биологически активными свойствами, является актуальной задачей для ученых-химиков, фармацевтов, фармакологов и биохимиков. Среди синтезированных производных холановых кислот выявлены новые литолитические, протиивосполительные, антимикробные, поликатионые амфифилы и другие практически ценные материалы. В тоже время, природные холановые кислоты сами могут являться эффективными средствами для лечения желчнокаменной болезни. Определенная часть представленного исследования была направлена на достижение этой цели, а также выявления взаимосвязи между строением этих соединений и их биологической активностью. Для получения достаточно полной информации о поведении холановых кислот в изучаемых реакциях, о влиянии природы гидроксильных, карбоксильных групп при различных реакциях замещения, а так же для их осуществления в других модификациях с использованием исходных соединений высокой чистоты, исследована возможность применения различных методов очистки холановых кислот и их пропиловых и изопропиловых эфиров.

Ключевые слова; холановая кислота, пропиловый спирт, изопропиловый спирт, ангидрид уксусная кислота, и диоксан, едкий калий.

SYNTHESIS AND PROPERTIES OF PROPYL AND ISOPROPYL ESTERS BASED ON CHOLANIC ACIDS

This paper presents the results of the synthesis of new complex propyl and isopropyl esters of cholanic acid by the Fischer method. At the present stage of scientific development, ways and methods of synthesizing new effective medicines are being sought all over the world. In this regard, the targeted synthesis of new classes of steroid compounds with biologically active properties is an urgent task for chemists, pharmacists, pharmacologists and biochemists. Among the synthesized derivatives of cholanic acids, new litholytic, protivo-inflammatory, antimicrobial, polycathionic amphiphiles and other practically valuable materials were identified. At the same time, natural cholanic acids themselves can be effective means for the treatment of cholelithiasis. A certain part of the presented research was aimed at achieving this goal, as well as identifying the relationship between the structure of these compounds and their biological activity. To obtain sufficient information about the behavior of halanevych acids in the studied reactions, the influence of the nature of hydroxyl, carboxyl groups at various substitution reactions, as well as to implement them in other modifications, using parent compounds of high purity, investigated the possibility of using different cleaning methods halanevych acid and propyl and isopropyl esters.

Keywords; cholanic acid, propyl alcohol, isopropyl alcohol, acetic anhydride, and dioxane, caustic potassium.

Маълумот дар бораи муаллифон: ***Абдуллозода Санавбари Исуф*** – унвончӯи Институти химия ба номи В.И. Никитини АМИТ. **Суроға**: 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш.Душанбе, кӯчаи Айнӣ, 299/2. **Телефон**: (+992)985-44-40-91. **E-mail:sanavbar9797.emil.ru**
Муродова Махинбону Мардоновна – номзади илмҳои химияи институти химия ба номи В.И. Никитинаи АМИТ. **Суроға**: 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯчаи Айнӣ, 299/2. **Телефон**: (+992) 919-33-22-16.

Сведения об авторах: ***Абдуллозода Санавбари Исуф*** – соискатель Институт химии им. В.И. Никитина НАНТ. **Адрес:** Республика Таджикистан, г.Душанбе, район Рудаки 734063, Республика Таджикистан, г.Душанбе, ул. Айни, 299/2. **Телефон:** (+992)985-44-40-91. **E-mail: sanavbar9797.emil.ru**
Муродова Махина Мардоновна – кандидат химических наук Институт химии им В.И. Никитина Национального Академии Наук Республика Таджикистан. **Адрес**: 734063, Республика Таджикистан, г.Душанбе, ул. Айни, 299/2. **Телефон:** (+992) 919-33-22-16.

Information about the authors: ***Abdullozoda Sanavbary Isuf*** – Applicant of the Chemistry Institute named after V.I. Nikitin of the National Academy of sciences of the Republic of Tajikistan. **Address**: 734063, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Ayni st. 299/2. **Phone**:(+992)985-44-40-91 **E-mail:**. **sanavbar9797.emil.ru**
Murodova Makhinbonu Mardonovna – Candidate of chemical sciences of the Chemistry Institute named after V.I. Nikitin of the National Academy of sciences of the Republic of Tajikistan. **Address**: 734063, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Ayni st. 299/2. **Phone**: (+992) 919-33-22-16.

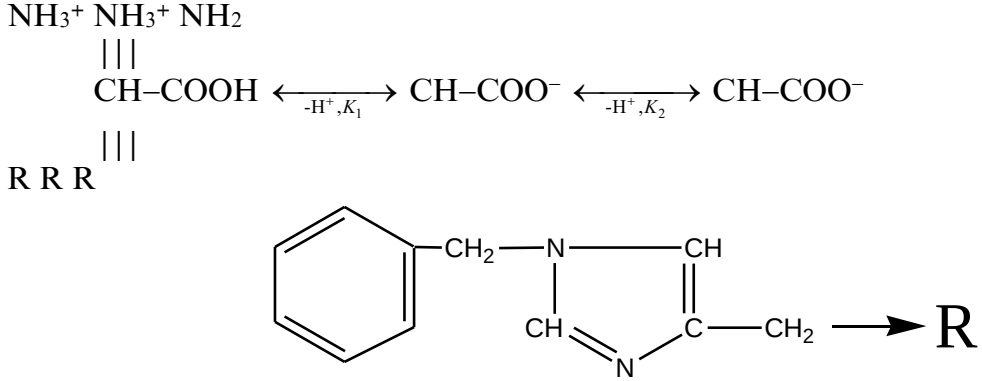
УДК:612.014.462.6

ТАҲҚИҚИ ХОСИЯТҲОИ КИСЛОТАГӢ-АСОСИИ НАМОЯНДАҲОИ БАЪЗЕ СИНФҲОИ ПАЙВАСТАҲОИ УЗВӢ ҶИҲАТИ ТАТБИҚИ ОНҲО ДАР ТИБ

Суяров Қ.Ҷ., Бобоев М.У., Ғоибова Г.Ҳ., Латипов А.А.
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Пайвастаҳои гетеросиклии нитрогендор барои рушди назарияи пайвастаҳои узвӣ ва васеъ намудани имкониятҳои амалии татбиқи онҳо нақши хоса доранд [1-3]. Имидазол, бензимидазол, гистидин ва ҳосилаҳои онҳо аз қабили ҳамин гуна пайвастаҳои узвӣ мебошанд. Махсусан он намояндаҳои ин синфи моддаҳои узвӣ саҳми зиёд доранд, ки дар таркибашон ҳам гурӯҳи амин ва гурӯҳи карбоксил дошта бошанд. Маълум аст, ки чунин навъи пайвастаҳои гетеросиклӣ ба мисли аминокислотаҳо сохти свитер – ионӣ доранд, яъне атоми гидрогени гурӯҳи карбоксил ба гурӯҳи амин пайваст шудааст. Дар натиҷа молекулаҳои ин навъи моддаҳо дар шакли ионҳои биқутбӣ мавҷуд мебошанд.

Яке аз пайвастаҳои органикӣ, ки чунин шакли свитер – ионӣ дорад, N-имидазол(бензил) гистидин мебошад, ки қаблан дар кафедраи кимиёи органикии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон синтез карда шуда, таркиб ва сохту баъзе хосиятҳои физикӣ – кимиёии он тавассути тариқаҳои мухталифи кимиёӣ, физикӣ – кимиёӣ ва физикӣ таъйин гардидааст. Дар кафедраи кимиёи физикӣ ва коллоидии ДМТ хосиятҳои кислотагӣ-асосии ин модда ҷиҳати муайян намудани қобилияти бо металлҳои интиқолӣ пайвастаҳои координатсионӣ ҳосил карда тавонистани он ва дар тиб қобили татбиқ будани онҳо мавриди омӯзиш қарор гирифт. N-имидазол(бензил)гистидин дар таркиби молекулааш як гурӯҳи амин, як гурӯҳи карбоксил, ҳалқаи имидазолӣ ва ҳалқаи бензолӣ дорад. Аз ин рӯ, моддаи зикршуда аз рӯи хосиятҳои физикӣ–кимиёӣ ва сохташ, ҳам ба пайвастаҳои гетеросиклии нитрогендор ва ҳам ба аминокислотаҳо, шабоҳат дорад. Чун аминокислотаҳо дар шакли биқутбӣ мебошад. Дар маҳлулҳои обӣ ва ғайриобӣ дар намуди мувозинатии зерин қарор дошта метавонад:



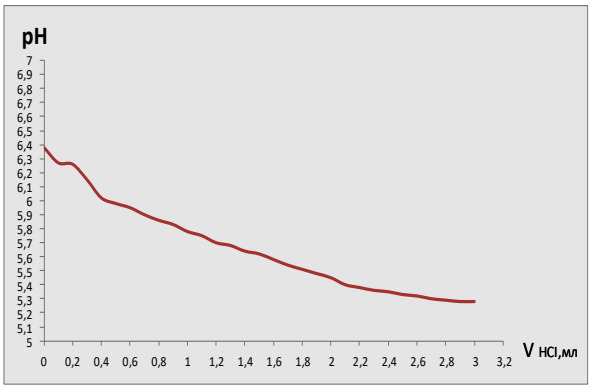
Омӯзиши мувозинати N-имидазол(бензил)гистидин имконият медиҳад, ки дар маҳлулҳои гуногун шаклҳои имконпазири он муқаррар карда шавад. Ҳисоб кардани константаҳои диссотсиатсияи N-имидазол(бензил)гистидин дар муҳитҳои кислотагӣ ва асосӣ барои дар оянда мавриди таҳқиқ қарор додани раванди комплексташкилшавии ин модда ба сифати лиганд бо металлҳои гуногун ва истифодаи онҳо дар тибб хеле муҳим мебошад [3-5]. Аз ин рӯ, омӯзиши мувозинати имконпазири кислотагӣ–асосии N-имидазол(бензил) гистидин аз масъалаҳои актуалии кимиёи пайвастаҳои координатсионӣ, инчунин, кимиёи узвӣ мебошад.

Бо истифода аз тариқаи pH – метрӣ мувозинати кислотагӣ – асосии N-имидазол(бензил)гистидин дар муҳити обӣ–спиртӣ ва муҳити физиологӣ – спиртӣ мавриди омӯзиш қарор гирифт. Қаблан муқаррар гардида буд, ки N-имидазол(бензил)гистидин дар муҳити холиси обӣ ва муҳити спиртӣ ҳал намешавад.

Тавассути омӯзиши каҷхатаи титронии маҳлулҳои обӣ–спиртӣ ва маҳлули физиологӣ–спиртии N-имидазол (бензил)гистидин (вобастагии pH – и маҳлул аз ҳаҷми ишқори натрии иловашуда, расми 1) қиматҳои pK_2 – и асосӣ ҳисоб карда шуданд, ки мувофиқан ба 7,01 ва 7,04 баробар мебошанд, ки тарафи рости мувозинати кислотагӣ – асосии моддаи таҳқиқшударо қаноат мекунонад.

Рас. 1. Каҷхатаи титронидани N-имидазол(бензил)гистидин гистидин бо маҳлули 0,1н NaOH дар маҳлули обӣ-спиртӣ дар ҳарорати 25⁰C.
Рис. 1. Титрование гистидина N-имидазол (бензил) гистидина 0,1 н. раствором NaOH в водно-спиртовом растворе при 25 ° C.
Fig.1. Titration of histidine N-imidazole (benzyl) histidine 0.1 N. A solution of NaOH in a water-alcohol solution at 25 ° C.

Тибқи омӯзиши каҷхатаи титронии маҳлулҳои обӣ – спиртии N-имидазол(бензил)гистидин (вобастагии pH – и маҳлул аз ҳаҷми кислотаи хлориди иловашуда, расми 2) қимати pK_1 – и кислотагӣ ҳисоб карда шуд, ки ба 3,93 баробар мебошад ва тарафи чапи мувозинати кислотагӣ – асосии моддаи таҳқиқшударо қаноат мекунонад.



Рас. 2. Каҷхатаи титронидани N-имидазол(бензил)гистидин бо маҳлули 0,1н HCl дар маҳлули обӣ-спиртӣ дар ҳарорати 25⁰C.
Рис. 2. Титрование N-имидазол (бензил) гистидина раствором 0,1 NCl в водно-спиртовом растворе при 25 ° C.
Fig.: 2. Titration of N-imidazole (benzyl) histidine with 0.1 NCl solution in water-alcohol solution at 25 ° C.

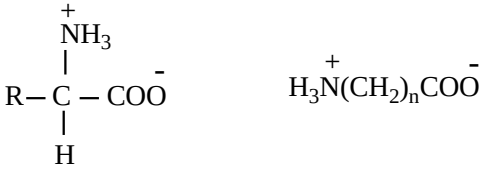
Дар кафедраи кимиёи физикӣ ва коллоидӣ хосиятҳои кислотагӣ-асосии изолейтсин, триптофан, валин, норвалин ва серин, қобилияти лигандӣ ва пайвастаҳои комплексии онҳо дар маҳлулҳои обӣ ва физиологӣ дар шароитҳои мухталифи эксперимент (ҳарорат, консентратсияи лиганду ионҳои синк ва оҳан, қувваи ионии маҳлул) мавриди таҳқиқ қарор доранд [6-15]. Бо мақсади таҳқиқоти бештар ва муқоисаи натиҷаҳои таҷрибавӣ ба сифати лигандҳо норлейтсин ва валин интихоб гардиданд [16,17] ва омӯзиши хосиятҳои кислотагӣ-асосии пайвастаҳои зикршуда тавассути тариқаи pH-метрӣ идома дорад. Дар ин мақола асосан ба таҳқиқи маҳлулҳои обӣ ва физиологии норлейтсин диққат дода шудааст.

Норлейтсин (кислотаи 2-аминогексан, кислотаи α-аминокапрон, каприн, гликолейсин, NLe) $CH_3CH_2CH_2CH_2CH(NH_2)COOH$

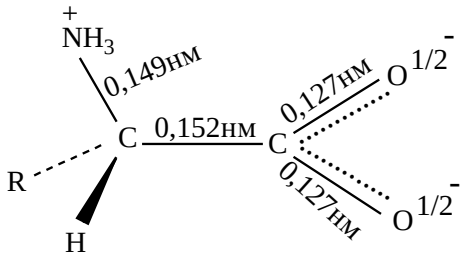
аминокислотаи нофаъол, буда, бо лейтсин $CH_3CH(CH_3)CH_2CH(NH_2)COOH$ ва изолейтсин $CH_3CH_2CH(CH_3)CH(NH_2)COOH$ изомер мебошад.

Аз таҳлили адабиёт [1-3] муайян гардид, ки норлейтсин моддаи кристаллии беранг мебошад. Ҳарорати гудозиш барои D,L-норлейсин 327°C ва барои L- ва D-норлейтсинҳо 301°C аст. Барои L- норлейтсин нишондиҳандаи [a]D20+6.26° (консентратсия 0,7 г дар 100 мл об) ва барои D-норлейсин нишондиҳандаи [a]D20+4,49° (консентратсия 0,96г дар 100 мл об) мувофиқат менамояд. Норлейтсин дар об ва этанол ҳалшаванда ва дар эфири диэтил ҳалнашаванда мебошад. Дар 25°C pKa 2,39 (COOH) ва 9,76 (NH_2) буда, pL ба 6,08 баробар аст. Аз рӯи хосиятҳои кимиёӣ норлейтсин аминокислотаи алифатӣ мебошад ва дар таркиби сафедаҳо муайян карда нашудааст. Дар шароити лабораторӣ онро аз кислотаи 2-бромгексин синтез мекунанд. Солҳои охир норлетсинро барои синтези пептидҳои фаъоли биологӣ истифода мебаранд.

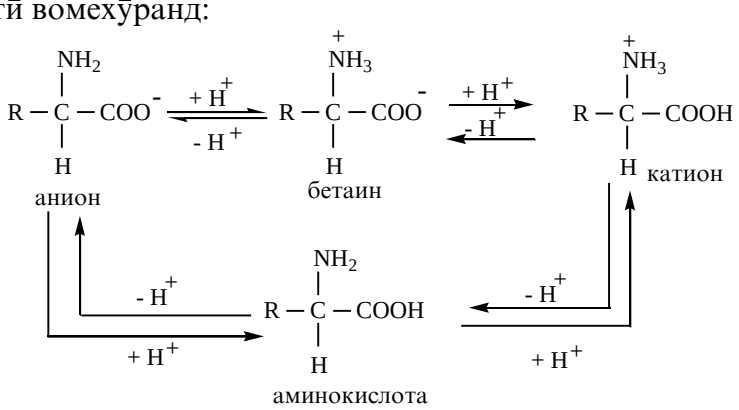
Норлейтсин сохти кимиёӣ ва аксари хосиятҳои кимиёии маъмули аминокислотаҳоро инъикос менамояд, аз ин рӯ ҳангоми таҳқиқот чунин паҳлуҳои он дар муқоиса бо аминокислотаҳои маъмул мавриди омӯзиш қарор гирифт. Маълум аст, ки молекулаи аминокислотаҳо ду гурӯҳи функсионалӣ доранд, ки аз ҷиҳати хосият муқобили ҳамдигар рафтор мекунанд: –COOH (кислота) ва $–NH_2$ (асос), чунин хусусият боиси ба вуҷудоии намакҳои дохилӣ – бетаинҳо мегарданд:



Таҳқиқи рентгеноструктурӣ шаҳодат медиҳад, ки гурӯҳи –COOH дар кристаллҳои α–аминокислотаҳо дар ҳолати ионӣ мавҷуд мебошад ва дарозии бандҳои C–O дар онҳо якхеланд.



Дар маҳлулҳои обӣ, вобаста аз муҳити pH ионҳои бетаин, анион ва катион дар ҳолати мувозинатӣ вомехӯранд:



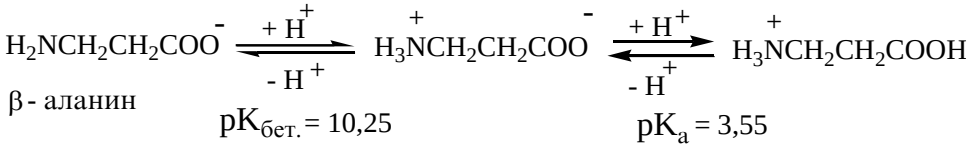
Таносуби бетаин, анион ва катион дар аминокислота дар ҳолати мувозинатӣ аз рӯи константаи ионизатсияи онҳо муайян карда мешавад.

α–Аминокислотаи протонидашуда (катион) - кислотаи қавӣ ҳисобида мешавад ($pK_a \approx 2,34 \ldots 2,35$), бинобар ин дар навбати аввал гурӯҳи карбоксил (COOH) ионзатсия шуда, бетаин ҳосил мегардад. Ионизатсияи гурӯҳи NH_3^+ ва ҳосилшавии аминокислота ба миқдори хеле кам ба вуҷуд меояд, чунки $pK(NH_3^+) = 7\text{-}8$ аст.

Бетаин кислотаи заиф ҳисоб меёбад, ҳангоми диссотсиатсияи он аниони аминокислота пайдо мегардад, $pK_{бет} \approx 9,7 \ldots 9,9$. Протонидашавии анион дар атоми нитроген ҳамчун асоси заиф амалӣ мегардад (константаи кислотанокии pK_a - аминокислота тахминан ба 3-4 баробар мебошад).

Бетаин ҳамчун шакли пасти кислотагӣ дар маҳлулҳои обӣ дар фосилаи васеи pH фаъолият мекунад. Консентратсияи аминокислотаҳо нисбат ба консентратсияи бетаин дар ин маҳлулҳо $10^{-5} – 10^{-6}$ мол/л-ро ташкил медиҳад. Дар яке аз қиматҳои pH-и маҳлул бетаин бо миқдори зиёд вомехӯрад. Ин қимати pH дар асоси чен намудани ноқилияти электрикии маҳлул дар pH-и гуногун муайян карда мешавад. Ноқилияти электрикии хурд ҳангоми кам будани бетаин мушоҳида мегардад. Ин қимати pH нуқтаи изоэлектрикӣ номида мешавад ва бо pH_i нишондод карда шудааст. Дар α–аминокислотаҳо $pH_i \sim 6,1$ мебошад. Аминокислотаҳо дар ҳолати изоэлектрикӣ на ба тарафи катод ва на ба тарафи анод ҳаракат намекунанд. Дар ин нуқтаи изоэлектрикӣ аксарияти сафедаҳо аз сабаби массаи моли бузург доштанашон нейтрал шуда, аз маҳлул таҳшон мешаванд.

Ҳангоми аминогурӯҳро аз гурӯҳи карбоксил дур намудан, константаи кислотагӣ тағйир меёбад (масалан, барои аланин, ки ҳамрадифи серин мебошад):



Мавҷудият ё инкори чунин хосиятҳо барои норлейтсин дар зинаҳои минбаъдаи таҳқиқот бо истифода аз тариқаи pH-метрӣ омӯхта шуд. Барои амалӣ кардани таҳқиқот ҷиҳати омӯзиши хосиятҳои кислотагӣ – асосии норлейтсин, яъне барои муайян намудани қобилияти ионизатсионии он ва ҳисоб кардани қиматҳои константаҳои ионизатсионӣ (барои гурӯҳи аминӣ ва гурӯҳи карбоксилӣ), дар ҳароратҳои 15, 25, 35, 45^0C ва дар маҳлулҳои обӣ ва физиологӣ пеш аз ҳама тайёр кардани маҳлулҳо зарур мебошад [18].

Дар ин таҳқиқот маҳлулҳои зерин истифода гардид:

---- маҳлули 0,01 молл/л –и норлейтсин дар муҳити обӣ;
---- маҳлули 0,01 молл/л –и норлейтсин дар муҳити физиологӣ;
---- маҳлули 0,1 молл/л –и ишқори натрий дар муҳити обӣ;
---- маҳлули 0,1 молл/л –и ишқори натрий дар муҳити физиологӣ;
---- маҳлули 0,1 молл/л –и кислотаи хлорид дар муҳити обӣ;
---- маҳлули 0,1 молл/л –и кислотаи хлорид дар муҳити физиологӣ.

Аз рӯйхати зикргардидаи маҳлулҳо бармеояд, ки маҳлулҳои титршавандаи норлейтсин бо консентратсияи 0,01 молл/л ва титрантҳо (маҳлулҳои ишқори натрий ва кислотаи хлорид) бо консентратсияи 0,1 молл/л зарур мебошанд. Консентратсияи титрантҳо назар ба маҳлулҳои титршаванда 10 маротиба калон мебошад. Чунин зарурат ба он вобаста аст, ки ба серобшавии зиёди маҳлулҳои таҳқиқӣ роҳ дода нашавад. Аммо чунин тарзи истифодаи маҳлулҳо як камбудии асосӣ дорад. Титронӣ бо ҳаҷмҳои хеле ками титрантҳо бояд амалӣ карда шавад (масалан бо ҳаҷмҳои 0,1 ё 0,2 мл). Агар чунин тарзи титронӣ риоя карда нашавад, ҳосил кардани миқдори зарурии нуқтаҳои экспериментали, ки минбаъд барои ҳисоби константаҳои кислотагӣ (-COOH) ва асосӣ ($-NH_2$) барои дилхоҳ аминокислотаҳо, аз ҷумла барои норлейтсин, зарур мебошанд, имконнопазир мегардад. Дар ин маврид нуқтаи

эквивалентии титронӣ ҳам бо маҳлули ишқори натрий (барои гурӯҳи –COOH) в ҳам бо маҳлули кислотаи хлорид (барои гурӯҳи -NH_2) бо шумораи ками нуқтаҳои экспериментали пайдо мешавад, ки минбаъд зимни ҳисобҳои константаҳои кислотагӣ (-COOH) ва асосӣ (-NH_2) тавассути барномаи компютерӣ мушкилот ба амал меорад.

Маҳлулҳои кислотаи хлорид аз фиксанал тайёр карда шуданд. Барои тайёр кардани маҳлули физиологии кислотаи хлорид аз маҳлули бештар консентронидаи он истифода карда шуд, то ки миқдори боқимондаи ҳалкунанда, яъне маҳлули физиологӣ бо ҳаҷми нисбатан калон илова карда шавад. Таҳқиқот бо тариқаи pH-метрӣ амалӣ гардид. Дар чадвалҳои 1 ва 2 ба сифати мисол натиҷаҳои титронии маҳлули обии консентратсияаш 0,01М норлейтсин бо маҳлули 0,1 М обии ишқори натрий (ҷадвали 1) ва бо маҳлули 0,1 М обии кислотаи хлорид (ҷадвали 2) дар ҳарорати 45^0C нишон дода шудааст.

Ҷад. 1. Натиҷаҳои титронии маҳлули обии консентратсияи 0,01М норлейтсин бо маҳлули 0,1 М обии ишқори натрий дар ҳарорати 45^0C

Таб.1. Результаты титрования водного раствора концентрации 0,01 М норлейцин с 0,1 М водным раствором гидроксида натрия при температуре 45^0C

Tab.1. The results of titration of an aqueous solution of a concentration of 0.01 M norleucine with a 0.1 M aqueous solution of sodium hydroxide at a temperature of 45^0C

V NaOH	pH_1	pH_2	pH_3	pH миёна
0	5,99	6,00	6,01	6,00
0,25	8,47	8,48	8,49	8,48
0,5	8,75	8,76	8,77	8,76
0,75	9,10	8,97	8,98	8,97
1	9,10	9,11	9,12	9,11
1,25	9,20	9,21	9,22	9,21
1,5	9,32	9,33	9,34	9,33
1,72	9,39	9,40	9,41	9,40
2	9,49	9,50	9,51	9,50
2,25	9,56	9,57	9,58	9,57
2,5	9,63	9,64	9,65	9,64
2,75	9,69	9,70	9,71	9,70
3	9,76	9,77	9,78	9,77
3,25	9,84	9,85	9,86	9,85
3,5	9,90	9,91	9,92	9,91
3,75	9,99	10,0	10,01	10,0

Ҷадвали 2. Натиҷаҳои титронии маҳлули обии консентратсияи 0,01М норлейтсин бо маҳлули 0,1 М обии кислотаи хлорид дар ҳарорати 45^0C

Таблица 2. Титрование 0,01 М водного раствора норлейцина 0,1 М водным раствором соляной кислоты при температуре 45^0C.

Table 2. Titration of 0.01 M aqueous solution of norleucine with 0.1 M aqueous solution of hydrochloric acid at 45^0C.

V HCl	pH_1	pH_2	pH_3	pH миёна
0	6,59	6,60	6,61	6,60
0,2	4,27	4,28	4,29	4,28
0,4	4,93	4,94	4,95	3,94
0,6	3,74	3,75	3,76	3,75
0.8	3,60	3,61	3,62	3,61
1	3,50	3,51	3,52	3,51

1,2	3,39	3,44	3,41	3,40
1,4	3,34	3,35	3,36	3,35
1,6	3,20	3,21	3,22	3,21
1,8	3,15	3,16	3,17	3,16
2	3,09	3,10	3,11	3,10
2,2	3,03	3,04	3,05	3,04
2,4	2,98	2,99	3,00	2,99
2,6	2,92	2,93	2,94	2,93
2,8	2.88	2,89	2,90	2,89
3	2,84	2,85	2,86	2,85

Барои як ҳарорат ва як консентратсияи норлейтсин чорто чунин ҷадвал тартиб додан лозим аст, дар мачмӯъ барои чор ҳарорат 15, 25, 35, 45^{0}C шумораи ҷадвалҳо 16-то аст. Ба асоси ҳар як ҷадвал 16-то график (ба мисли расмҳои 1 ва 2) тартиб дода шудааст (ба хотири нигоҳ доштани ҳаҷми меъёрии мақола аз пешниҳоди каҷхаттаҳои титронӣ худдорӣ намудем). Равиши каҷхаттаҳои титронидани маҳлулҳои обӣ ва физиологии норлейтсин бо маҳлулҳои обӣ ва физиологии 0,1 М обии ишқори натрий ва 0,1М HCl дар ҳар чор ҳарорат якхела мебошад. Танҳо қиматҳои таҷрибавӣ ва мувофиқан моилии каҷхаттаҳо аз ҳамдигар фарқ мекунанд, ки ин ҳолат таъсири ҳарорат ва муҳитро ба раванди ионизатсияи норлейтсин инъикос менамояд.

Константаи ионизатсияи асосӣ ва кислотагии норлейтсин бо формулаҳои зерин ҳисоб карда шуд:.

$$pK_{асос} = pH + \lg\frac{[H_2L^+]}{[HL^\pm]} = pH + \lg\frac{C^0_{HCl}\cdot V^i_{HCl}/V_i}{C^0_L\cdot V^0_L/V_i} \quad (1)$$

$$pK_{кисл.} = pH + \lg\frac{[HL^\pm]}{[L^-]} = pH + \lg\frac{C^0_L\cdot V^0_L/V_i}{C^0_{NaOH}\cdot V^i_{NaOH}/V_i} \quad (2)$$

дар ин чо;

C^0_{HCl} - консентрасияи кислотаи иловашаванда,

V^i_{HCl} - ҳачми кислотаи иловашаванда,

C^0_{NaOH} – консентрасияи ишқори иловашаванда,

C^0_L – консентратсияи норлейтсин,

V^i_{NaOH} - ҳачми ишқори иловашаванда,

V^0_L – ҳачми аввалаи маҳлули норлейтсин,

V_i – ҳачми омехтаи реаксиони баъди иловакуни намунаи і- юми ишқор ё кислота.

Бо истифода аз барномаи компютерӣ барои норлейтсин дар чор ҳарорат ва ду муҳит: обӣ ва физиологӣ константаҳои ионизатсияи шакли кислотагӣ ва асосӣ ҳисоб карда шуд (ҷад. 3/табл.3/tabl.3):

Ҳарорат	Қиматҳои $K_{иониз.}$			
	$K_{иониз.1}$(кислотагӣ)		$K_{иониз.2}$(асосӣ)	
	Муҳити обӣ	Муҳити физиологӣ	Муҳити обӣ	Муҳити физиологӣ
15^{0}C	$6{,}82\cdot10^{-4}$	$7{,}25\cdot10^{-4}$	$1{,}11\cdot10^{-10}$	$9{,}23\cdot10^{-11}$

25^0C	$7{,}08\cdot10^{-4}$	$7{,}43\cdot10^{-4}$	$1{,}74\cdot10^{-10}$	$9{,}77\cdot10^{-11}$
35^0C	$8{,}21\cdot10^{-4}$	$7{,}63\cdot10^{-4}$	$4{,}83\cdot10^{-10}$	$6{,}25\cdot10^{-10}$
45^0C	$8{,}45\cdot10^{-4}$	$8{,}15\cdot10^{-4}$	$9{,}59\cdot10^{-10}$	$7{,}56\cdot10^{-9}$

Аз қиматҳои ҷадвали 3 аён аст, ки бо афзудани ҳарорат ҳам дар маҳлули обӣ ва ҳам дар маҳлули физиологӣ каме афзоиш ёфтани қимати $К_{иониз.1}$(кислотагӣ) ва $К_{иониз.2}$(асосӣ) ба назар мерасад, ки вобастагии ростаи ин бузургиҳоро аз ҳарорат дурус инъикос менамояд. Маълум аст, ки таъсири муҳит ба қиматҳои $К_{иониз.1}$(кислотагӣ) ва $К_{иониз.2}$(асосӣ) қонунияти ягона надорад, ки аз мураккаб будани таркиби маҳлулҳои мавриди таҳқиқ ва мухталифии равандҳои дар онҳо имконпазир шаҳодат медиҳад.

АДАБИЁТ

1. Холиқов, Ш. Химияи органикӣ/ Ш. Холиқов// - Душанбе.: Эр-граф, 2011. – 936 с.
2. Иванский, А. Химия гетероциклических соединений/А. Иванский// - М.: 1977. – 486с.
3. Бобиев, Г.М. Иммуноактивные пептиды и их координационные соединения в медицине / Г.М. Бобиев, Н.Д. Бунятян//- М., 2009. – 239 с.
4. Раджабов, У.Р. Имидазольные и бензимидазольные комплексы железа. / У.Р. Раджабов, М.М. Рахимова, З.Н. Юсупов // Вест. ТНУ. Естественные и технические науки, – Душанбе: Сино 2011, №3. – С.63-70.
5. Раджабов, У.Р. Биологические свойства азольных координационных соединений Fe, Cu и Zn./ У.Р.Раджабов, М.М. Рахимова, С.Г. Ёрмамадова, И.Х. Шарипов// Вест. ТНУ. – Душанбе: Сино, 2013, 1/1(102). - С.95-101.
6. Бобоев, М.У. О комплексообразовании изолейцина и цинка в водном растворе в различных соотношениях металл-лиганд при 20^0C /М.У.Бобоев, А.Н.Шахматов, К.Дж.Суяров, Г.М.Бобиев //Матер. респуб. научно-теор. конф. профес.-препод. состава и сотруд.ТНУ, посвященной «25-летию государственной независимости республики Таджикистан».-Душанбе: Сино, 2016. -С.-97-98.
7. Boboev, M.U. Processes of complex formation of zinc with trettofan in water and physiological solutions / M.U. Boboev, K.J. Suyarov, M.M. Rahimova, G.M. Bobiev //27th International Chugaev Conference on Coordination Chemistry 4th Conference-School for Young Researchers “Physicochemical Methods in Coordination Chemistry”, october 2-6. -N. Novgorod, Russia, 2017. -P. 337.
8. Boboev, M.U. Complex formation of zinc with izolejin in water and physiological solutions / M.U. Boboev, K.J. Suyarov, M.M. Rahimova, G.M. Bobiev // XI всероссийская школа –молодых ученых «Теоретическая и экспериментальная химия жидкофазных систем». Крестовские чтения, 30-октября-4 ноября.-Иваново, 2017.-С.194.
9. Бобоев, М.У. Протолитические свойства изолейцина при различных температурах и средах / М.У.Бобоев, К.Дж.Суяров, Д.А. Давлатшоева, М.Рахимова //Матер. респуб. научно-теор. конф. профес.-препод. состава и сотруд.ТНУ, посвященной «20-ой годовщине Дня национального единства» и «Году молодёжи».-Душанбе: Сино, 2017. –С.81-82.
10. Бобоев, М.У. Изучение кислотно-основаных свойств водных растворов триптофана при различных температурах / М.У.Бобоев, К.Дж.Суяров, М.Рахимова //Матер. респуб. научно-теор. конф. профес.-препод. состава и сотруд.ТНУ, посвященной «20-ой годовщине Дня национального единства» и «Году молодёжи».-Душанбе: Сино, 2017. –С.83-84.
11. Бобоев, М.У. Влияние температуры и природы среды на протолитические свойства триптофана / М.У.Бобоев, К.Дж.Суяров, М.Рахимова // Материалы республиканской конференции «Достижения современной биологии в Таджикистане» (03-04 марта). -Душанбе, 2017. –С. 22-26.
12. Бобоев, М.У. Процессы образования координационных соединений в системе Zn(II)-изолейцин-вода /М.У.Бобоев, К.Дж. Суяров, М.Рахимова, Т.Б.Николаева // Материалы 60-ой научной международной конференции Московского физико-технического института. 16-17 ноября. –Москва, 2017. –С.80.
13. Бобоев, М.У. Термодинамика процесса ионизации изолейцина. в водной среде / М.У. Бобоев, К.Дж.Суяров, М.Рахимова, У.Х.Бобоев //Матер. респуб. научно-теор. конф. профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной Международному десятилетию действия «Вода для устойчивого развития, 2018-2028 годы», «Году развития туризма и народных ремесел», «140-ой годовщине со дня рождения Героя Таджикистана Садриддина Айни» и «70-ой годовщине со дня создания Таджикского национального университета». -Душанбе, 2018. –С.106-107.
14. Бобоев, М.У. Исследование ионных равновесий в системе Zn(II) –изолейцин – вода/ М.У. Бобоев, М. Рахимова, К.Дж. Суяров, Н.У.Кабутаршоева //Материалы республиканской научно-практической конференции с участием международных специалистов на тему «Роль химии в развитии экономики Узбекистана» 24-25 мая 2018 года.–Самарканд, 2018. -С.83-84.
15. Бобоев, М.У. Координационные соединения цинка с триптофаном, модели процессов их образования /М.У.Бобоев, К.Дж.Суяров, М.Рахимова, У.Б.Бобоев //Материалы IV международной конференции: «Вопросы физической и координационной химии», посвященной памяти докторов химических наук, профессоров Якубова Хамида Мухсиновича и Юсуфова Зухуриддина Нуриддиновича (3-4 мая 2019). – Душанбе, 2019. – С.50-57.
16. Суяров, Қ.Ҷ. Норлейтсин-изомери органикӣ ва лиганди пайвастаҳои комплексӣ / Қ.Ҷ.Суяров, М.У.Бобоев, М.Раҳимова // Маводи конференсияи илмӣ-амалӣ дар мавзӯи «Дурнамои инкишофи саноати кимиёи Тоҷикистон» (03-04 март). -Душанбе, 2017. –С. 74-75.
17. Худобахшов, З. Раванди ташкилшавии комплексҳои руҳ бо норлейтсин дар ҳарорати 55^0C /З. Худобахшов, Қ.Ҷ.Суяров //Маводи конференсияи илмию назариявии ҳайати устодону кормандони ДМТ бахшида ба «Солҳои рушди деҳот, сайёҳӣ ва ҳунарҳои мардумӣ (солҳои 2019-2021)» ва «400 – солагии Миробид Сайидои Насафӣ» (20-27 апрели 2019). Ҷилди III. – Душанбе, 2019. – С.23-24.

18. Практикум по физической химии. Под ред. акад. Лунина В.В., проф. Агеева Е.П. М.: «Академия» , 2012. – 304 с.

REFERENCES LITERATURE

1. Kholikov, Sh. Organic chemistry / Sh. Kholikov // - Dushanbe .: Ep-gfaf, 2011. - 936 p.
2. Ivansky, A. Chemistry of heterocyclic compounds / A. Ivansky // - M .: 1977.- 486 p.
3. Bobiev, G.M. Immunoactive peptides and their coordination compounds in medicine / G.M. Bobiev, N. D. Bunyatyan // - M., 2009 . - 239 p.
4. Rajabov, U.R. Imidazole and benzimidazole iron complexes. / U.R. Rajabov, M.M. Rakhimova, Z.N. Yusupov // West. TNU. Natural and technical sciences, - Dushanbe: Sino 2011, no. 3. - P.63-70.
5. Rajabov, U.R. Biological properties of azole coordination compounds Fe, Cu and Zn./ U.R. Rajabov, M.M. Rakhimova, S.G. Yormamadova, I.Kh. Sharipov // West. TNU. - Dushanbe: Sino, 2013, 1/1 (102). - P. 95-101.
6. Boboev, M.U. Complexation of isoleucine and zinc in an aqueous solution in various metal-ligand ratios at 200C / M.U. Boboev, A.N. Shakhmatov, K.J. Suyarov, G.M. Bobiev // Mater. repub. scientific theory. conf. prof.-lecturer staff and collaborators of TNU, dedicated to the "25th anniversary of the state independence of the Republic of Tajikistan." - Dushanbe: Sino, 2016. -P-97-98.
7. Boboev, M.U. Processes of complex formation of zinc with trettofan in water and physiological solutions / M.U. Boboev, K.J. Suyarov, M.M. Rahimova, G.M. Bobiev //27th International Chugaev Conference on Coordination Chemistry 4th Conference-School for Young Researchers “Physicochemical Methods in Coordination Chemistry”, october 2-6. -N. Novgorod, Russia, 2017. -P. 337.
8. Boboev, M.U. Complex formation of zinc with izolejin in water and physiological solutions / M.U. Boboev, K.J. Suyarov, M.M. Rahimova, G.M. Bobiev // XI All-Russian School for Young Scientists "Theoretical and Experimental Chemistry of Liquid-Phase Systems". Krestovskie readings, 30-October-4 November.-Ivanovo, 2017.-P. 194.
9. Boboev, M.U. Protolytic properties of isoleucine at different temperatures and environments / M.U. Boboev, K.J. Suyarov, D.A. Davlatshoeva, M. Rakhimova // Mater. repub. scientific theory. conf. prof.-lecturer staff and collaborators of TNU, dedicated to the "20th anniversary of the Day of National Unity" and "Year of Youth". - Dushanbe: Sino, 2017. - P. 81-82.
10. Boboev, M.U. Study of acid-based properties of aqueous solutions of tryptophan at different temperatures / M.U.Boboev, K.J.Suyarov, M.Rakhimova // Mater. repub. scientific theory. conf. prof.-lecturer staff and collaborators of TNU, dedicated to the "20th anniversary of the Day of National Unity" and "Year of Youth" .- Dushanbe: Sino, 2017. -P.83-84.
11. Boboev, M.U. Influence of temperature and nature of the environment on protolytic properties of tryptophan / MU Boboev, KJ Suyarov, M. Rakhimova // Materials of the republican conference "Achievements of modern biology in Tajikistan" (March 03-04). -Dushanbe, 2017. -P. 22-26.
12. Boboev, M.U. The processes of formation of coordination compounds in the Zn (II) -isoleucine-water system / M.U. Boboev, K.J. Suyarov, M. Rakhimova, T.B. Nikolaeva // Materials of the 60th scientific international conference of the Moscow Institute of Physics and Technology. November 16-17. –Moscow, 2017. –P. 80.
13. Boboev, M.U. Thermodynamics of isoleucine ionization. in the aquatic environment / M.U. Boboev, K.J. Suyarov, M. Rakhimova, U.H. Boboev // Mater. repub. scientific theory. conf. faculty and staff of TNU, dedicated to the International Decade of Action "Water for Sustainable Development, 2018-2028", "Year of Tourism and Folk Crafts Development", "140th anniversary of the birth of the Hero of Tajikistan Sadriddin Aini" and "70- anniversary of the founding of the Tajik National University ”. -Dushanbe, 2018. –P.106-107.
14. Boboev, M.U. Study of ionic equilibria in the Zn (II) –isoleucine – water system / M.U. Boboev, M. Rakhimova, K.J. Suyarov, N.U. Kabutarshoeva // Materials of the republican scientific and practical conference with the participation of international experts on the topic "The role of chemistry in the development of the economy of Uzbekistan" May 24-25, 2018. – Samarkand, 2018. -P.83-84.
15. Boboev, M.U. Coordination compounds of zinc with tryptophan, models of the processes of their formation / M.U. Boboev, K. J. Suyarov, M. Rakhimova, U.B. Boboev // Materials of the IV international conference: "Questions of physical and coordination chemistry" dedicated to the memory of doctors chemical sciences, professors Yakubov Hamid Mukhsinovich and Yusufov Zukhuriddin Nuriddinovich (3-4 May 2019). - Dushanbe, 2019. - P. 50-57.
16. Suyarov, K.L. Norleucine - an isomer of organic compounds and ligands of complex compounds / KJ Suyarov, MU Boboev, M. Rahimova // Proceedings of the scientific-practical conference on "Prospects for the development of the chemical industry of Tajikistan" (March 3-04). -Dushanbe, 2017. – P. 74-
17. Khudobakhshov, Z. The process of formation of zinc complexes with norleucine at a temperature of 550C / Z. Khudobakhshov, KJ Suyarov // Proceedings of the scientific-theoretical conference of teachers and staff of the TNU dedicated to the "Years of rural development, tourism and folk crafts (2019-2021)" and "400th anniversary of Mirobid Said Nasafy" (April 20-27, 2019)). Volume III. - Dushanbe, 2019. - P.23-24.
18. Physical chemistry workshop. Ed. acad. Lunina V.V., prof. Ageeva E.P. M .: "Academy", 2012. - 304 p.

ТАҲҚИҚИ ХОСИЯТҲОИ КИСЛОТАГӢ-АСОСИИ НАМОЯНДАҲОИ БАЪЗЕ СИНФҲОИ ПАЙВАСТАҲОИ УЗВӢ ҶИҲАТИ ТАТБИҚИ ОНҲО ДАР ТИБ

Дар мақола ҳисоб кардани константаҳои ионизатсияи моддаҳои узвӣ дар муҳити кислотагӣ ва муҳити асосӣ барои дар оянда мавриди таҳқиқ қарор додани раванди комплексташкилшавии онҳо ба сифати лиганд бо металлҳои гуногун ва истифодаи онҳо дар тиб баррасӣ гардидааст. Бо истифода аз тариқаи pH – метрӣ мувозинати кислотагӣ – асосии N-имидазол(бензил)гистидин, ки аз ҷониби олимони ДМТ синтез карда шудааст, дар муҳити обӣ – спиртӣ ва муҳити физиологӣ – спиртӣ мавриди омӯзиш қарор гирифт: қимати pK_1 – и кислотагӣ ба 3,93 ва қимати pK_2 – и асосӣ ба 7,01 баробар мебошад. Омӯзиши хосиятҳои кислотагӣ – асосии норлейтсин барои муайян намудани қобилияти ионизатсионии он ва ҳисоб кардани қиматҳои константаҳои ионизатсионӣ (барои гурӯҳи аминӣ ва гурӯҳи карбоксилӣ), дар ҳароратҳои 15, 25, 35, 45^{0}C ва дар маҳлулҳои обӣ ва физиологӣ амалӣ гардид. Качхаттаҳои титронидани маҳлулҳои обӣ ва физиологии норлейтсин бо маҳлулҳои 0,1М обӣ ва физиологии ишқори натрий ва HCl дар ҳар чор ҳарорат тартиб дода шуд, ки равиши онҳо якхела мебошад. Танҳо қиматҳои тачрибавӣ ва мувофиқан моилии качхаттаҳо аз ҳамдигар фарқ мекунанд, ки ин ҳолат таъсири ҳарорат

ва муҳитро ба раванди ионизатсияи норлейтсин инъикос менамояд. Аз натиҷаҳои таҳқиқот айён шуд, ки бо афзудани ҳарорат ҳам дар маҳлули обӣ ва ҳам дар маҳлули физиологӣ каме афзоиш ёфтани қимати $К_{иониз.1}$(кислотагӣ) ва $К_{иониз.2}$(асосӣ) ба назар мерасад, ки вобастагии ростаи ин бузургиҳоро аз ҳарорат дурус инъикос менамояд. Таъсири муҳит ба қиматҳои $К_{иониз.1}$ ва $К_{иониз.2}$ қонунияти ягона надорад, ки аз мураккаб будани таркиби маҳлулҳои мавриди таҳқиқ ва мухталифии равандҳои дар онҳо имконпазир шаҳодат медиҳад.

Калидвожаҳо: моддаи узвӣ, лиганд, N-имидазол(бензил) гистидин, муҳити обӣ, муҳити обӣ – спиртӣ, муҳити физиологӣ – спиртӣ, норлейтсин, серин, константаи ионизатсия, маҳлули обӣ, маҳлули физиологӣ, гурӯҳи амин, гурӯҳи карбоксил, ҳарорат, пайвастаи координатсионӣ.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИСЛОТНО-ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ НЕКОТОРЫХ КЛАССОВ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ С ЦЕЛЬЮ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В МЕДИЦИНЕ

Расчет констант ионизации органических соединений в кислых и основных средах является важным фактором для их дальнейшего исследования в качестве лигандов в процессах комплексообразования с различными металлами и применения в медицине. Методом pH-метрии изучено кислотно-основное равновесие N-имидазол(бензил)гистидина, синтезированного учеными ТНУ, в водно-спиртовом и физиологически-спиртовом средах: значения pK_1 и pK_2 соответстственно равны 3,93 и 7,01. Изучение кислотно-основных свойств норлейцина проведено с цель определения его ионизационных возможностей и расчета констант ионизации (для аминной и карбоксильной групп) при температурах 15, 25, 35, 45^{0}C в водном и физиологическом растворах. Кривые титрования водных и физиологических растворов норлейцина 0,1М водным и физиологическим растворами NaOH и HCl, составленные при всех четырех температурах, имеют одинаковый ход. Однако экспериментальные данные и соответственно углы наклона кривых титрования отличаются друг от друга, что согласуется с влияниями температуры и среды на процесс ионизации норлейцина. Показано, что при возростании температуры как в водном, так и физиологическом растворах значения $К_{иониз.1}$(кислотная) и $К_{иониз.2}$(основная) несколько возростают, что правильно отражают их прямую зависимость от температуры. Влияние среды на значения $К_{иониз.1}$ и $К_{иониз.2}$ не имеет определенной закономерности, что соответствует сложному составу исследуемых систем и различным возможным процессам протекающих в них.

Ключевые слова: органическое соединение, лиганд, N-имидазол(бензил)гистидин, водная среда, водно-спиртовая среда, физиологически-спиртовая среда, норлейцин, серин, константа ионизации, водный раствор, физиологический раствор, аминогруппа, карбоксильная группа, температура, координационное соединение.

THE STUDY OF ACID-BASE PROPERTIES OF SEVERAL CLASSES OF ORGANIC COMPOUNDS FOR APPLICATIONS IN MEDICINE

Calculation of the ionization constants of organic compounds in acidic and basic media is an important factor for their further research as ligands in the processes of complexation with various metals and their use in medicine. The acid-base equilibrium of N-imidazole(benzyl) histidine was studied by pH-metry synthesized by TNU scientists in water-alcohol and physiologically-alcohol media: the values of pK_1 and pK_2 are respectively 3.93 and 7.01. The acid-base properties of norleucine were studied in order to determine its ionization capabilities and calculate the ionization constants (for the amine and carboxyl groups) at temperatures of 15, 25, 35, and 45^{0}C in aqueous and saline solutions. Titration curves of aqueous and physiological solutions of norleucine with 0.1 M aqueous and physiological solutions of NaOH and HCl, compiled at all four temperatures, have the same course. However, the experimental data and, accordingly, the slopes of the titration curves differ from each other, which is consistent with the effects of temperature and environment on the ionization of norleucine. It is shown that when the temperature increases in both water and saline solutions, the values of $Kioniz._1$(acid) and $Kioniz._2$ (amine) slightly increase, which correctly reflects their direct dependence on temperature. The influence of the environment on the value of $Kioniz._1$(acid) and $Kioniz._2$ (main) does not have a certain regularity, which corresponds to the complex composition of the studied systems and various possible processes occurring in them.

Keywords: organic compound, ligand, N-imidazole (benzyl)histidine, water medium, water-alcohol medium, physiological-alcohol medium, norleycine, serine, ionization constant, water solution, saline solution, amino group, carboxyl group, temperature, coordination compound.

Маълумот дар бораи муаллифон: ***Суяров Қурбон Ҷураевич*** – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, дотсенти кафедраи кимиёи физикӣ ва коллоидӣ. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рудакӣ, 17. **Телефон: (+992)** 918-80-80-26. **E-mail:** kurbon.suyarov.1958@mail.ru.

Бобоев Муҳаммадисо Убайдуллоевич – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, муаллими калони кафедраи кимиёи физикӣ ва коллоидӣ. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рудакӣ, 17. **Телефон: (+992)** 918-90-90-66. **E-mail:** bmu.251288@mail.ru.

Ғоибова Гулдаста Ҳусейновна – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, магистранти кафедраи кимиёи физикӣ ва коллоидӣ. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рудакӣ, 17. **Телефон: (+992)** 985-99-31-33 **E-mail:** guldasta@mail.ru.

Латипов Амидуллоҳ Абдулвоизович – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, магистранти кафедраи кимиёи физикӣ ва коллоидӣ. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рудакӣ, 17. **Телефон: (+992)** 926-24-13-44. **E-mail:** latipov.a98@mail.ru.

Сведения об авторах: ***Суяров Курбан Джураевич*** – Таджикский национальный университет, доцент кафедры физической и коллоидной химии. **Адрес**: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. Телефон: (+992) 918-80-80-26**. E-mail:** kurbon.suyarov.1958@mail.ru.

Бобоев Мухаммадисо Убайдуллоевич – Таджикский национальный университет, старший преподаватель кафедры физической и коллоидной химии. **Адрес**: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе Душанбе, проспект Рудаки, 17. Телефон: (+992) 918-90-90-66. Электронная поч **E-mail:** bmu.251288@mail.ru.

Гоибова Гульдаста Хусейновна – Таджикский национальный университет, магистр физической и коллоидной химии. **Адрес**: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе Душанбе, проспект Рудаки, 17. Телефон: (+992) 985-99-31-33 E-mail: guldasta@mail.ru.
Латипов Амидуллох Абдулвоизович – Таджикский национальный университет, магистр физической и коллоидной химии. **Адрес**: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе Душанбе, проспект Рудаки, 17. Телефон: (+992) 926-24-13-44. **E-mail:** latipov.a98@mail.ru.

Information about the authors: ***Suyarov Qurbon Juraevich*** – Tajik national university, Candidate of Chemical Sciences, docent of the Department of Physical and Colloidal Chemistry of the Tajik National University, **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **Phone: (+992)** 918-80-80-26. **E-mail:** kurbon.suyarov.1958@mail.ru.
Boboev Muhammadiso Ubaidulloevich – Tajik National University, senior lecturer of the Department of Physical and Colloid Chemistry. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan Dushanbe Rudaki Avenue 17. **Phone:** 918-90-90-66. **E-mail**: bmu.251288@mail.ru.
Goibova Guldasta Huseynovna – Tajik National University, master's student of the Department of physical and colloid chemistry. Address: 17 Rudaki Avenue, Dushanbe, 734025, Republic of Tajikistan Phone: (+992) 985-99-31-33 E-mail: guldasta@mail.ru.
Latipov Amidulloh Abdulvoizovich – Tajik National University, master's student of the Department of physical and colloid chemistry. Address: 17 Rudaki Avenue, Dushanbe, 734025, Republic of Tajikistan. Phone: (+992) 926-24-13-44. E-mail: latipov.a98@mail.ru.

УДК:577.115.3

ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОТ В СОСТАВЕРАСТИТЕЛЬНЫХМАСЕЛ

Иброгимов Д.Э., Гулахмадов Х.Ш., Махмудова Т.М., Ибрагимов И.Э.
Таджикский технический Университет имени акад. М.С.Осими

На сегодняшний день основным источником пищи, парфюмерных композиций и некоторых фармацевтических препаратов является растения. Судя по биологической продуктивности, растения разделяются на несколько группы. Одним из важных групп растений являются масличные культуры.

Таджикистан имеет огромные ресурсы этих видов растений. Хлопковое масло является основным рационом населения Республики Таджикистан. Также флора Таджикистана имеет неисчерпаемый запас дикорастущих масличных растений. Несмотря на эти запасы до сих пор многие масличные культуры, Таджикистана не имеют ни какую прикладную значимость в промышленности Республики Таджикистан. Это в основном связанно с отсутствием научно-обоснованных данных о их химическом составе.

В связи с этим изучение химического состава и разработка эффективных методов исследования этих не изученных растений на сегодняшний день является важным и актуальным.

Учитывая это, нами были исследованы физико-химические показатели некоторых жирных и растительных масел, таких как ARCTIUM TOMENTOSUM MILL(ATM), AMPELOPSIS VITIFOLIA (BOISS)(AVB),ERUCASATIVAMILL (ESM), GRAPESEEDOIL (GSO) и хлопка сортови линий “Мехргон”, L-53, L-15.

Жирные масла из состава растительного сырья выделяли методом гидравлического прессования (отжима) и горячей экстракции. Экстракцию проводили с использованием ряда органических растворителей и их смеси, таких как хлороформ, диэтиловый эфир, этанол-хлороформ (1:1), на аппарате Сокслета[1-4]. Эфирные масла выделяли с применением метода перегонки с водяным паром. Масличность определяли с применением весовых методов Сокслетта и Рушковского согласно методике [5]. Полученные результаты по масличности приведены на рис. 1.

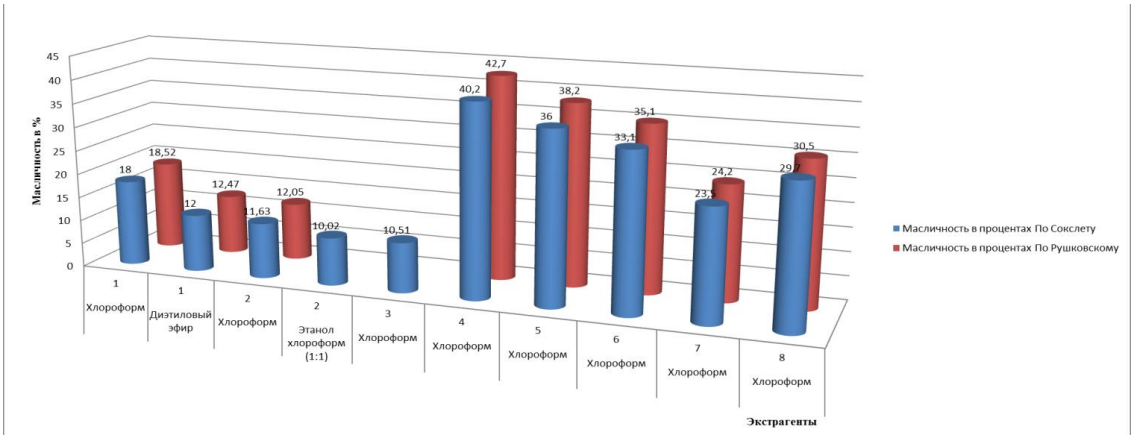


Рис. 1. Результаты масличности исследуемых растений по методу Сокслетта и Рушковского

Fig.: 1. The results of the oil content of the investigated plants by the method of Soxhlett and Rushkovsky

Примечание: 1-Семена АТМ; 2-Семена AVB; 3-Семена ВР; 4-Семена сорта хлопчатника «Мехргон»; 5-Семена сорта хлопчатника L -15; 6-Семена сорта хлопчатника L -53; 7-Косточки винограда; 8-Семена индау.

Из полученных результатов выявлено, что наилучшим экстрагентом для максимального выделения жирных масел является хлороформ. Вероятно, это связано с полярностью применяемого экстрагента и природы растворимости компонентов состава растительного сырья.

Для исследования некоторых физических свойств полученных масел нами были определены основные физические константы согласно методике[6]. Полученные результаты приведены в таблице 1.

Табл. 1. Физические константы исследуемых образцов масел
Tab. 1. Physical constants of the studied oil samples

Образцы	$[\rho]_4^{20}$	$[n]_4^{20}$	$t_п$ °C	$t_{заст.}$ °C
Масло семян АТМ-1	0,785	1,1845	9-11	6-8
Масло семян АТМ-2	0,865	1,4840	13-14	10-12
Масло семянAVB-1	0,870	1,4747	13-15	10-12
Эфирное масло ВР	0,860	1,4770	9-11	7-9
Масло семян сорта хлопчатника «Мехргон»	0,887	1,4842	6-8	3-5
Масло семян сорта хлопчатника L -15	0,870	1,4849	7-9	4-6
Масло семян сорта хлопчатника L -53	0,890	1,4852	6-8	3-5
Масло косточки винограда	0,925	1,4762	9-11	7-9
Масло семяниндау	0,910	1,4841	9-10	7-8
Эфирное масло PELARGONIUM ROSEUM WILLD	0,88	1,455	9-11	7-9

Для характеристики химического состава нами были определены некоторые химические показатели, таких как кислотное число (КЧ), число омыления (ЧО), эфирное число (ЭЧ), фенольное число (ФЧ) и йодное число (ЙЧ) согласно методике [7]. Полученные результаты приведены в таблице 2.

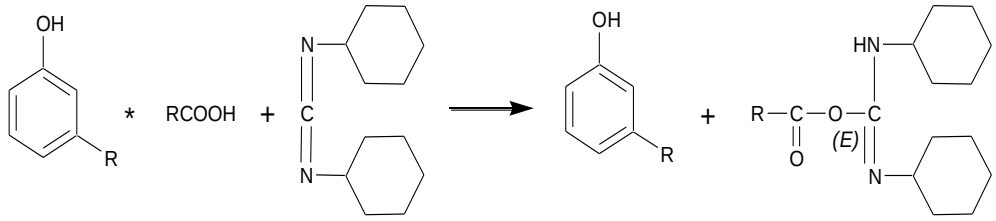
Табл. 2. Химические показатели исследуемых образцов эфирных и жирных масел
Tab. 2. Chemical indicators of the studied samples of essential and fatty oils

Образцы масла	КЧ (мгКОН/г)	ЧО (мгКОН/г)	ЭЧ (мгКОН/г)	ФЧ (мгКОН/г)	ИЧ $гI_2$/100u
Масло семян АТМ-1	40.23	253.0	213.6	35.50	4.7
Масло семян АТМ-2	2.52	245.0	242.6	0.90	40.3
Масло семян AVB-1	9.64	251.3	241.6	5.10	109.3
Масло семян сорта хлопчатника «Мехргон»	3.92	171.7	167.7	0.76	104.5
Масло семян сорта хлопчатника L -15	3.95	173.5	169,61	0.82	110.3
Масло семян сорта хлопчатника L -53	3.87	172.0	168,16	0.65	100.7
Масло косточки винограда	23.52	187.7	164.2	-	42.37
Масло семяниндау	32.29	169.5	137.1	-	164.3

Как видно из полученных результатов исследуемые масла отличаются по химическим показателям. Такое отличие зависит от их химического состава.

Как видно из полученных результатов, среди исследуемых масел масло ATM имеет наибольшее значение кислотного числа.Согласно литературным данным большенство растительных масел имеет в основном значение КЧ до 5мгКОН/г. Для выяснения этого аномального результата нами был исследован химический состав этого масла с целью определения общего содержания компонентов имеющие кислотное свойство. С применением качественных реакций с раствором $FeCl_3$и индикатором бромфенол синего определено, что масло ATM,ESM иAVB в своем составе на ряду с органическими кислотами также содержат фенольные соединения. В ходе экспериментальных исследований выявлено, что именно за счет содержания фенольных соединений увеличивается значения кислотного числа.

Учитывая это, нами был разработан эффективный способ определения кислотного числа. Разработанный способ от известных способов [7,8], отличается тем, что при определении кислотного числа тируется две навески исследуемого образца. Перед титрованием в одну навеску добавляется дициклогексилкарбодиимид. При добавлении дициклогексилкарбодиимида взаимодействует с высшими жирными кислотами врезультате, которого образуется сложный эфир согласно следующему уравнению:



В связи с тем, что производные фенолы растительного происхождения имеют весьма слабое кислотное свойство, они не реагируют с дициклогексилкарбодиимидом. Такая техника выполнения работы обусловливает, тому что при титровании навески содержащая дициклогексилкарбодиимид можно определить объем титрантарасходующего на нейтрализацию фенольных соединений. Образец, который не содержит дициклогексилкарбодиимидв составе него находятся фенольные соединения и свободные органические кислоты. При титровании этого образца определяется объем титранта пошедшего на титрование свободных кислот и фенольных соединений. Из разницы этих объемов можно вычислить объем израсходованного тиранта на нейтрализацию высших жирных кислот. Здесь следует отметить, что при анализе жирных кислот взятие навески должны иметь идентичную массу.

Общее содержание свободных кислот согласно разработанному способу определяется с применением следующей формулы (1):

$$КЧ = \frac{(V-V_0)-(V' - V_0')}{m} (1)$$

Где:

КЧ- кислотное число, (мгКОН/г) ;

V – объем израсходованноготитранта, при титровании масла до нейтрализации, ($см^3$);

V_0 – объем израсходованноготитранта, при холостом опыте, ($см^3$);

V' – объем израсходованного титранта, при титровании масла в котором добавлено дициклогексилкарбодиимид, ($см^3$);

V_0'– объем израсходованноготитранта, при холостом опыте, при добавлении дициклогексилкарбодиимид, ($см^3$);

T- титр, ($г/см^3$);

m- масса исследуемой навески масла, (г);

Здесь следует отметить, что в нашем случае в качестве титранта был использован 0,01н спиртовой раствор КОН приготовленный в изопропиловом спирте. Согласно уравнению определения титрометрического анализа титр этого приготовленного раствора составляет $0{,}00056\ г/см^3$. Согласно разработанному способу общее содержание органических кислот определено согласно значениям КЧ. Полученные результаты по определению КЧ приведены в таблице 3-4.

Табл. 3. Значение кислотного числа исследуемых масел полученного с применением известного метода

Tab. 3. The value of the acid number of the studied oils obtained using a known method

Образцы	КЧ при параллельных опытах			Среднее значение КЧ (мгКОН/г)	Отклонение от среднего результата			Среднее отклонение
	№1	№2	№3		№1	№2	№3	
Масло АТМ (экс.-хлороформ)	40,23	40,22	40,24	40,23	0	0,01	0,01	0,3
Масло АТМ (экс.-диэтиловый эфир)	2,52	2,51	2,53	2,52	0	0,01	0,01	0,15
Масло AVB (экс.-хлороформ)	9,65	9,64	9,63	9,64	0,01	0	0,01	0,006
Масло AVB(экс. смесью хлороформ – этанол (1:1))	8,41	8,40	8,43	8,41	0	0,01	0,02	0,01
Хлопковое масло(сорта «Мехргон», экс.-хлороформ)	3,92	3,94	3,91	3,92	0	0,02	0,01	0,01
Хлопковое масло (линии L -15, экс.-хлороформ)	3,97	3,95	3,94	3,95	0,02	0	0,01	0,01
Хлопковое масло (линии -53, экс.-хлороформ)	3,89	3,85	3,87	3,87	0,02	0,02	0	0,01
Масло ВР(экс.–хлороформ)	2,51	2,52	2,53	2,52	0,01	0	0,01	0,006
МаслоGSO(экс.-хлороформ)	23,52	23,55	23,51	23,52	0	0,03	0,01	0,01
Масло ESM(экс.-хлороформ)	32,31	32,23	32,28	32,29	0,02	0	0,01	0,01

Табл. 4. Значение кислотного числа исследуемых масел полученного с применением разработанного спос

Tab.4. The value of the acid number of the studied oils obtained using the developed method

Образцы	КЧ при параллельных опытах			Среднее значение КЧ (мгКОН/г)	Отклонение от среднего результата			Среднее отклонение
	№1	№2	№3		№1	№2	№3	
Масло АТМ (экс.-хлороформ)	39,50	38,98	39,45	39,21	0,19	0,67	0,14	0,33
Масло АТМ (экс.-	2,50	2,51	2,49	2,50	0	0,01	0,01	0,006

диэтиловый эфир)								
Масло AVB (экс.-хлороформ)	9,47	9,46	9,45	9,46	0,01	0	0,01	0,006
Масло AVB (экс. смесью хлороформ – этанол (1:1))	8,36	8,35	8,33	8,34	0,02	0,01	0,01	0,01
Хлопковое масло (сорта «Мехргон», экс.- хлороформ)	3,86	3,85	3,88	3,86	0	0,01	0,02	0,01
Хлопковое масло (линии L -15, экс.-хлороформ)	3,88	3,86	3,87	3,87	0,01	0,01	0	0,006
Хлопковое масло (линии -53, экс.-хлороформ)	3,84	3,83	3,85	3,84	0	0,01	0,01	0,006
Масло BP (экс. – хлороформ)	2,46	2,43	2,45	2,44	0,02	0,01	0,01	0,01
МаслоGSO(экс.-хлороформ)	20,62	20,59	20,54	20,58	0,04	0,01	0,04	0,02
Масло ESM (экс.-хлороформ)	29,71	29,69	29,67	29,69	0,02	0	0,02	0,01

Как видно из полученных результатов,представленных в таблицах 3 и 4 в значениях КЧ между методами наблюдается отличие. Значительное отклонение КЧ наблюдается в образцах масла ATM и ESM. С применением хроматографических методов анализа определено, что образцы этих масел в своем составе содержат значительное количество фенольных соединений, который в известном методе определения КЧ не учитывается.

Таким образом, разработан эффективный способ определения содержания высших жирных кислот с применением метода кислотного числа. При проведении экспериментальных исследований изучения химического состава некоторых масел, показало, что разработанный способ является более точным при определении КЧ фенолосодержащих масел.

Экспериментальная часть

Для определения общего количества органических кислот брали по одному грамму из образцов растительных масел ARCTIUM TOMENTOSUM MILL (ATM), AMPELOPSIS VITIFOLIA (BOISS)(AVB),ERUCASATIVAMILL (ESM), GRAPESEEDOIL (GSO)и хлопка сортов и линий “Мехргон”, L-53, L-15 в двух образцах и растворяли в 50см^3 изопропиловом спирте. В один из приготовленных образцов исследуемых масел добавляли по 0,2г дициклогексилкарбодиимида и перемешали на магнитной мешалке в течении 10мин. К исследуемым растворам добавляли 4-5 капель 0,1% спиртовый раствор фенолфталеина. Далее с применением 0,01н спиртовым раствором КОН приготовленным в изопропиловом спирте исследуемые навески масел оттитровали до точки эквивалентности. Точку эквивалентность определеносогласно методике [9].

Для определения объема пошедшего на титрование при нейтрализации растворителя проводили холостой опыт. Этот опыт осуществляли как в случае исследования масел, но без присутствия растительных масел, то есть было оттитровано изопропиловый спирт и раствор дициклогексилкарбодиимида в изопропиловом спирте. Для достижения точных результатов каждый опыт повторяли трехкратно. Общее количество кислот определяли по мгКОН в одном грамме исследуемого масла согласноразработанной формуле (1).

ЛИТЕРАТУРА

1. 1.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.

2. Улукханов, Аз.А. Физико-химические константы и липидный состав масла плодов дикого винограда - AMPELORSIS VITIFOLIA (BOISS) [Текст] / Аз.А. Улукханов, Д.Э. Иброгимов Ал.А. Улукханов, К.М. Палавонов Г.Г. Шодиев // Вестник Таджикского национального университета,– Душанбе: Сино, -2015. - №1/5(88). – С.20-23.
3. 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.
4. 4.Иброгимов Д.Э. Изменение компонентного состава масла Arctiumtomentosummill 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.
5. Арасимович В.В., А.И.Ермаков и др. Методы биохимического исследования растений/ В.В.Арасимович, А.И.Ермаков и др. – Л.: Агропромиздат. Ленинград. 1978. - 430 с.
6. 6.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.
7. 7.Иброгимова, С.И. Характеристика масленности и продуктивности волокна в некоторых сортов и линий хлопчатника [Текст] / С.И. Иброгимова, Д.Э. Иброгимов, П.М. Насрединова, // Вестник Таджикского национального университета, – Душанбе: Сино, -2015. -№1/6(190). – С.42-48.
8. Холиков, Ш.Х. Определения кислотного числа семян лопуха - Acrtium Tomentosum Mill., методом потенциометрии [Текст] / Ш.Х Халиков, С.В Алиева, Д.Э. Иброгимов // Доклады АН РТ. – Душанбе: Дониш, -2004, т.47, №1-2, - С.35-41.
9. 9.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: интелект, инновации, инвеститсия №1(41) – Душанбе: Шинос, 2018. – С. 28-36

REFERENCES LITERATURE

1. 1.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.
2. Ulukhanov, Az.A. Physicochemical constants and lipid composition of wild grape fruit oil - AMPELORSIS VITIFOLIA (BOISS) [Text] / Az.A. Ulukhanov, D.E. Ibrogimov Al.A. Ulukhanov, K.M. Palavonov G.G. Shodiev // Bulletin of the Tajik National University, - Dushanbe: Sino, 2015. - No. 1/5 (88). - P.20-23.
3. Ibrogimov D.E. On the issue of oil content of some varieties and lines of cotton cultivated in Tajikistan [Text] / DE Ibrogimov, S.I. Ibragimova // Farmer. - Dushanbe: Kishovarz, - 2012. -№1 (59). -P.21 - 24.
4. Ibrogimov D.E. Changes in the component composition of Arctiumtomentosummill 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.
5. Arasimovich V.V. Methods of biochemical research of plants. - L .: Agropromizdat/ V.V.Arasimovich, A.I. Ermakov. – Leningrad, 1978. - 430 p.
6. 6.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.
7. 7.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.
8. Kholikov, Sh.Kh. Determination of the acid number of burdock seeds - Acrtium Tomentosum Mill., By the method of potentiometry [Text] / Sh.Kh Khalikov, S.V. Alieva, D.E. Ibrogimov // Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan. - Dushanbe: Donish, 2004, t.47, No. 1-2, - P.35-41.
9. 9.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: intellect, innovation, investment №1 (41) - Dushanbe: Shinos, 2018. - P. 28-36

ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОТ В СОСТАВЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

В данной статье приведены результаты экспериментального исследования химического состава некоторых растительных масел. В процессе исследования с применением методов органической химии и биохимических методов анализа определены важнейшие физико-химические показатели некоторых растительных масел флоры Таджикистана. Полученные результаты по определению суммы органических кислот показало, что не возможно точно определить содержание жирных кислот в составе некоторых фенолосодержащих растительных масел с применением метода кислотного числа. Учитывая это нами был разработан наиболее эффективный способ определения кислотного числа. Разработаный способ от известных аналогов отличается тем, что в исследуемом масле перед титрованием добавляется дициклогексилкарбодиимид. Этот реагент взаимодействует с органическими кислотами и превращает их в сложные эфиры. В связи с тем, что фенольные соединения не реагируют с дициклогексилкарбодиимидом их сумму можно легко определить методом тирования. Также для определения общего количества кислот необходимо от титровать исследуемое масло без добавления дициклогексилкарбодиимида. Такой технологический подход обусловливает определять массу реагирующего тиранта с органическими кислотами. С применением разработанной формулы можно более точно определить общее количество органических кислот по сравнению с существующими методами.

Ключевые слова: экстракция, жирные масла, эфирные масла, фенолы, органические кислоты, физико-химические показатели, дициклогексилкарбодиимид, титрование, кислотное число.

УСУЛИ МУФИДИ МУАЙЯН НАМУДАНИ МИҚДОРИ КИСЛОТАҲО ДАР ТАРКИБИ РАВҒАНИ РАСТАНИҲО

Дар мақолаи мазкур натиҷаҳои таҳқиқи экспериментали муайян намудани таркиби химиявии як қатор равғани растаниҳо пешниҳод шудааст. Дар раванди таҳқиқот бо истифода аз методҳои химияи органикӣ ва усулҳои биохимиявии таҳлил нишондиҳандаҳои муҳими физикию-химиявии равғани баъзе растаниҳои флораи Тоҷикистон муайян карда шудааст. Натиҷаҳои бадастовардашуда нишон дод, ки аз таркиби равғанҳои фенолдошта дақиқ муайян намудани миқдори умумии кислотаҳои органикӣ бо истифода аз усули маълуми “адади кислотагӣ” ғайри имкон аст. Ин ҷанбаро ба инобат гирифта усули нисбатан муфиди муайян намудани адади кислотагӣ коркард гардид. Усули коркард гардида аз усулҳои маълум аз он фарқ менамояд, ки дар равғани таҳқиқ шаванда пеш аз титронидан дисиклоҳексилкарбодиимид илова карда мешавад. Ҳангоми илова намудан ин моддаи химиявӣ бо кислотаҳои органикӣ ба реаксия дохил шуда онҳоро ба эфирҳои мураккаб табдил медиҳад. Аз сабаби оне, ки пайвастагиҳои фенолӣ бо дисиклоҳексилкарбодиимид ба реаксия дохил намегарданд миқдори онҳоро ба осони бо усули титронидан муайян намудан имкон пазир аст. Инчунин, барои муайян намудани миқдори умумии кислотаҳо равғани таҳқиқ шаванда бе иловаи дисиклоҳексилкарбодиимид титронида мешавад. Чунин равиши технологӣ ба он мусоидат менамояд, ки миқдори титранти ба кислотаҳои ба рексия дохилшавандаро ба осони муайян намоянд. Бо истифода аз формулаи коркардгардида миқдори умумии кислотаҳоро нисбат ба усулҳои маълум дақиқ муайян кардан мумкин аст.

Калидвожаҳо: экстраксия, равғанҳо, равғанҳои эфирӣ, фенолҳо,кислотаҳои органикӣ, нишондиҳандаҳои физикию химиявӣ, дисиклогексанкарбодиимид, титронӣ, адади кислотагӣ.

EFFECTIVE METHOD FOR DETERMINING ACID CONTENT IN VEGETABLE OILS

This article presents the results of an experimental study of the chemical composition of some vegetable oils. In the process of research using methods of organic chemistry and biochemical methods of analysis, the most important physical and chemical indicators of some vegetable oils of the flora of Tajikistan were determined. The results obtained for determining the amount of organic acids showed that it is not possible to accurately determine the content of fatty acids in the composition of some phenol-containing vegetable oils using the acid number method. Taking this into account, we have developed the most effective method for determining the acid number. The developed method differs from the known analogs in that dicyclohexylcarbodiimide is added to the test oil before titration. This reagent reacts with organic acids and converts them into esters. Due to the fact that phenolic compounds do not react with dicyclohexylcarbodiimide, their sum can be easily determined by titration. Also, to determine the total amount of acids, it is necessary to titrate the test oil without adding dicyclohexylcarbodiimide. This technological approach makes it possible to determine the mass of the reacting tyrant with organic acids. Using the developed formula, it is possible to more accurately determine the total amount of organic acids in comparison with existing methods.

Keywords: extraction, fatty oils, essential oils, phenols, organic acids, physicochemical parameters, dicyclohexylcarbodiimide, titration, acid number.

Маълумот дар бораи муаллифон: ***Иброгимов Дилшод Эмомович*** – Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осимӣ, доктори илмҳои химия, и.в. профессори кафедраи коркарди энергия ва хидмати нафту газ. Суроға: 734042, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, кӯчаи акад. Раҷабовҳо, 10. **Тел**.: +992905224475. **E-mail**: ibrogimov_75@mail.ru.

Гулаҳмадов Ҳайдар Шарифович - Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осимӣ, номзади илмҳои техникӣ, дотсенти кафедраи муҳандисии роҳи оҳан ва электроника. Суроға: 734042, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, кӯчаи акад. Раҷабовҳо, 10. Тел.: +992918702081. **E-mail**: h.gulahmadov@mail.ru

Махмудова Тахминаи Мӯъминҷон - Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С.. Осимӣ, муаллими калони кафедраи коркарди энергия ва хизматрасонии нафту газ. Суроға: 734042, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, кӯчаи акад. Раҷабовҳо, 10. **Тел**.: +992985085100. **E-mail**: mash_19.87@mail.ru

Ибрагимов Исмоил Эмомович - Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осимӣ, аспиранти кафедраи коркарди энергия ва хизматрасонии нафту газ. **Суроға**: 734042, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, кӯчаи акад. Раҷабовҳо, 10. **Тел**.: +992880284484. **E-mail**: poshokulzoda91@mail.ru,

Сведения об авторах: Иброгимов Дилшод Эмомович – Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими, доктор химических наук, и.в. профессоркафедры переработка энергоносителей и нефтегазового сервиса». **Адрес**: 734042, Республика Таджикистан, Душанбе, ул. акад. Раджабовых, 10. **Тел**.: +992905224475. **E-mail**: ibrogimov_75@mail.ru.

Гулахмадов Хайдар Шарифович – Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими, кандидат технических наук, доцент кафедры БЖДиЭ. **Адрес**: 734042, Республика Таджикистан, Душанбе, ул. акад. Раджабовых, 10. **Тел**.: +992918702081. **E-mail**: h.gulahmadov@mail.ru

Махмудова Тахминаи Муминджон – Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими, старший преподаватель кафедры переработка энергоносителей и нефтегазового сервиса. **Адрес**: 734042, Республика Таджикистан, Душанбе, ул. акад. Раджабовых, 10. **Тел**.: +992985085100. **E-mail**: mash_19.87@mail.ru,

Ибрагимов ИсмоилЭмомович – Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими, соискатель кафедры переработка энергоносителей и нефтегазового сервиса. **Адрес**: 734042, Республика Таджикистан, Душанбе, ул. акад. Раджабовых, 10. **Тел**.: +992880284484. **E-mail**: poshokulzoda91@mail.ru,

Information about the authors: ***Ibragimov Dilshod Emomovich*** – Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi, Doctor of Chemical Sciences, I.V. Professor of the Department of Energy Processing and Oil and Gas Service. **Address**: 734042, Republic of Tajikistan, Dushanbe, acad. Rajabovs str., 10. **Tel** .: +992905224475. **E-mail**: ibrogimov_75@mail.ru

Gulakhmadov Haydar Sharifovich – Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Railway Engineering and Electronics. **Address**: 734042, Republic of Tajikistan, Dushanbe, acad. Rajabovs str., 10. **Tel** .: +992918702081. **E-mail**: h.gulahmadov@mail.ru

Makhmudova Takhminai Muminjon – Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi, Senior Lecturer at the Department of Energy Processing and Oil and Gas Services. **Address**: 734042, Republic of Tajikistan, Dushanbe, acad. Rajabovs str., 10. **Tel** .: +992985085100. **E-mail**: mash_19.87@mail.ru
Ibragimov Ismoil Emomovich – Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi, Applicant for the Department of Energy Processing and Oil and Gas Services. **Address**: 734042, Republic of Tajikistan, Dushanbe, acad. Rajabovs str., 10. **Tel** .: +992880284484. **E-mail**: poshokulzoda91@mail.ru

УДК 541.123.6

МУВОЗИНАТҲОИ ФАЗАГИИ СИСТЕМАИ Mg,Ca// SO_4,CO_3 - H_2O ДАР ҲАРОРАТИ 0^oC

Умарали С., Солиев Л., Ҷабборзода Б., Усмонов М.
Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи Садриддин Айнӣ

Системаи чоркомпонентаи Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O яке аз ҷузъҳои таркибии системаи панҷкомпонентаи K,Mg,Ca //SO_4,CO_3 – H_2O мебошад. Донистани қонуниятҳои мувозинатҳои фазагии идоракунандаи ин система барои дарёфти шароити оптималии коркарди ашёи минералии табиӣ ва партовҳои саноатии аз сулфатҳо ва карбонатҳои калий, магний ва калсий ташкилёфта хеле муҳим мебошад. Аз адабиёти мавҷуда [1] бармеояд, ки ин система бо усули ҳалшавандагӣ нопурра омухта шудааст ва бинобар ин далелҳои ба даст овардашуда имконияти сохтани диаграммаи ҳолатии онро намедиҳад. Барои муайян намудани мувозинатҳои фазагии системаи Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O дар ҳарорати 0^oC мо аз усули транслятсия [2-11] истифода кардаем.

Усули транслятсия мувофиқ ба принсипи мутобиқат [12] ва қоидаи фазаҳои Гиббс [13] имконияти дар як диаграмма ҷойгир намудани элементҳои геометрии системаҳои n ва n + 1 компонентаро фароҳам меовард. Ҳангоми зиёдшавии компонентнокии система аз n то n+1 элементҳои геометрии ин система андозаи худро ба як ченак зиёд намуда, ба сатҳи n +1 компонентнокӣ интиқол (транслятсия) мешаванд, ки ин имконият медиҳад сохтори система дар ин сатҳ пешгӯи карда шавад [15].

Барои муайян намудани мувозинатҳои фазагии системаи Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O бо ёрии усули транслятсия донистани мувозинатҳои фазагии системаҳои секомпонентаи онро ташкилдиҳанда зарур аст. Адабиёти мавҷуда [14] нишон медиҳад, ки ин системаҳои секомпонентаи системаи чоркомпонентаи овардашударо ташкилдиҳанда нисбатан хуб омӯхта шудаанд.Системаи чоркомпонентаи таҳқиқшаванда аз системаҳои секомпонентаи: $CaSO_4$-$MgSO_4$-H_2O [18-19]; $CaCO_3$-$MgCO_3$-H_2O; $CaSO_4$-$CaCO_3$-H_2O; $MgSO_4$-$MgCO_3$-H_2O; ташкил ёфтааст, ки аз онҳо системаҳои $CaSO_4$-$MgSO_4$-H_2O; $CaCO_3$-$MgCO_3$-H_2O; $CaSO_4$-$CaCO_3$-H_2O бо усули ҳалшавандагӣ [14 -16] нисбатан хуб омӯхта шудаанд. Таҳлили адабиёт нишон дод, ки системаи $MgSO_4$-$MgCO_3$-H_2O дар ҳарорати 0^0C омӯхта нашудааст. Бинобар ин, барои системаи секомпонентаи мазкур шакли эфтоникӣ бо як нуқтаи нонвариантӣ қабул карда шудааст. Нуқтаҳои нонвариантӣ бо фазаҳои сахти дар мувозинатбудаи системаи мазкур барои сатҳи секомпонентагӣ, дар ҷадвали 1 оварда шудааст.

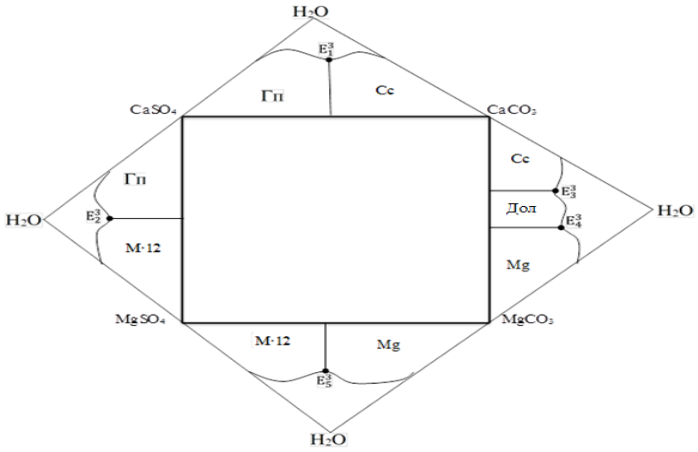
Ҷад. ***1. Нуқтаҳои нонвариантӣ бо фазаҳои сахти дар мувозинатбуда барои системаи Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O дар ҳарорати 0^0C (сатҳи секомпонентагӣ)***
Таб. 1. Невариантные точки с твердыми фазами в равновесии для системы Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O при температуре 0^0C (трехкомпонентный уровень)
Tab. 1. Nonvariant points with solid phases in equilibrium for the Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O system at a temperature of 0^0C (three-component level)

Нуқтаҳои нонвариантӣ	Фазаҳои сахти дар мувозинат буда	Нуқтаҳои нонвариантӣ	Фазаҳои сахти дар мувозинат буда
Системаи $CaSO_4$-$CaCO_3$-H_2O		Системаи $CaCO_3$-$MgCO_3$-H_2O	
E_1^3	Гп + Сс	E_3^3 E_4^3	Сс+Mg·Ca Mg·Ca + Mg
Системаи $CaSO_4$-$MgSO_4$-H_2O		Системаи $MgSO_4$-$MgCO_3$-H_2O	

E_2^3	Гп+М·12	E_5^3	М·12+ Mg

Дар ҷадвал ва минбаъд ишораҳои овардашуда чунин маъно доранд: Е-ишораи нуқтаи нонвариантӣ буда, дараҷааш нишондиҳандаи компонентнокии система ва индексаш нишондиҳандаи рақами тартибии нуқта аст. Фазаҳои сахт шартан чунини ишора шудаанд: М·12- $MgSO_4 \cdot 12H_2O$; Гп-гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$; Mg - магнезит $MgCO_3$; Дол- доломит $MgCO_3 \cdot CaCO_3$; Сс- калсит $CaCO_3$.

Дар асоси далелҳои ҷадвали 1 диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи $Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O$ барои ҳарорати 0^0C, дар сатҳи секомпонентагӣ, дар шакли призмаи кушода, сохта шудааст (расми 1.)



Рас. 1. Диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи $Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O$ барои ҳарорати 0^oC дар сатҳи секомпонентагӣ

Рис.1. Схема фазового равновесия системы $Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O$ для температуры $0^\circ C$ на трехкомпонентном уровне.

Fig. 1. Structures of phase equilibrium diagrams of the $Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O$ system at 0^oC

Тавре, ки аз расми 1 дида мешавад дар натиҷаи пайвастшавии системаҳои секомпонента ба сатҳи чоркомпонента транслясия мешаванд.

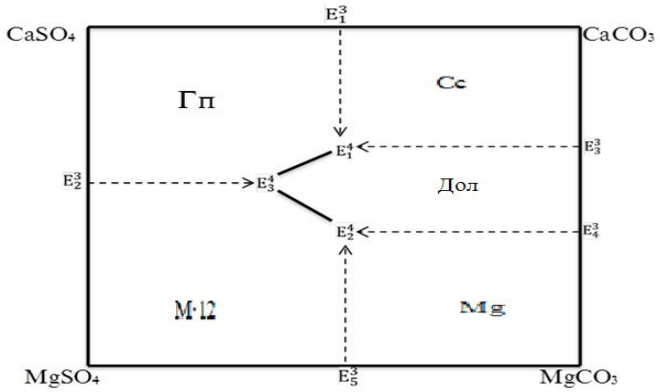
Транслятсияи нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонента ба сатҳи чоркомпонента чунин нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентаро ба вуҷуд меоварад:

$E_1^3 + E_3^3 \; E_1^4 = Гп \Rightarrow$ Сс + Mg ·Ca

$E_4^3 + E_5^3 \; E_2^4 = М{\cdot}12 \Rightarrow$ + Mg + Mg ·Ca

E_2^3+Дол $E_3^4 = Гп + М{\cdot}12 \Rightarrow$ Mg·Ca+ М·12

Дар ҳамин асос диаграммаи сарбастаи схемагии [20] мувозинатҳои фазагии системаи $Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O$, барои ҳарорати 0^oC сохта шудаст (расми 2.).



Рас. 2. Диаграммаи схемагии мувозинатҳои фазагии системаи Mg,Ca//SO4,CO3–H2O дар ҳарорати 0°C усули транслятсия
Рис. 2. Принципиальная схема фазового равновесия системы Mg, Ca // SO4, CO3 - H2O Mg,Ca//SO4,CO3–H2O при температуре 0°C.
Figure 2. Diagram of phaseequilibria of the Mg,Ca//SO4,CO3–H2O system at 0°C constructed by the translation

Чи тавре аз сохтори диаграмма (расми 2) маълум мегардад аз 7 хати моновариантие, ки майдонҳои кристализатсияи фазаҳои сахтро маҳдуд сарбаста кардаанд, 5-тояш дар натиҷаи транслятсияи нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагӣ ба сатҳи чоркомпонентагӣ ҳосил шуда, дар диаграмма бо хатҳои пунктирӣ ифода шудаанд. Фазаҳои сахти мувозинатии ба онҳо хос ба фазаҳои сахти мувозинатии нуқтаҳои нонвариантии транслятсияшуда мувофиқанд, 2 хати моновариантии дигар аз байни нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонента гузашта бо хатҳои ғафси яклухт ишора шудаанд. Барои онҳо чунин фазаҳои сахти мувозинатӣ хос мебошанд:

E_1^4 ~~E_3^4 = Гп+~~ Mg·Ca; E_2^4 E_3^4 = Mg·Ca + ~~M·12.~~

Ҳамин тавр, маротибаи аввал бо истифода аз усули транслятсия, мувозинатҳои фазагии системаи Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O дар ҳарорати 0°C муайян карда шуда шуда, диаграммаи схемагии сарбастаи он сохта шудааст. Барои вай дар ҳарорати 0°C 3 нуқтаи нонвариантӣ, 7 хатти моновариантӣ ва 5 майдони дивариантӣ хос мебошад.

АДАБИЁТ

1. 1.Справочник экспериментальных данных по растворимости многокомпонентных водно – солевых систем. СПб: Химиздат, 2004 г, т.2., кн. 1 -2. - 1248с.
2. Солиев Л. Прогнозирование строения диаграмм фазовых равновесий многокомпонентных водно – солевых систем методом трансляции/Л.Солиев. – М.:, 1987, 28с. Деп. В ВИНИТИ АН СССР 20.12.87 г, № 8990, – В 87.
3. Солиев Л. Прогнозирование фазовых равновесий в многокомпонентной системе морского типа методом трансляции (книга 1)/Л.Солиев. - Душанбе, 2000. - 247с.
4. Солиев Л. Прогнозирование фазовых равновесий в ногокомпонентной системе морского типа методом трансляции (книга 2) /Л.Солиев. – Душанбе, 2011. – 147 с.
5. Солиев Л. Муайянсозии мувозинатҳои фазагии системаи Na, Ca// SO_4, CO_3 – H_2O дар ҳарорати 0°C/Л.Солиев, М.Усмонов. Конференсия ҷумҳуриявии илмӣ – амалии «Проблемаҳои кимиё, технологияи кимиёвӣ ва металлур-гияи муосир». Душанбе 2011 с.67-69.
6. Солиев Л. Фазовые равновесия системы $CaCO_3$ - $CaSO_4$ – CaF_2 – H_2O при 0°C. (ТО МАН ВШ). - Душанбе , 2012. № 1. - С.122 – 125.
7. Солиев Л. Строение диаграммы растворимости системы Na,Ca//SO_4,CO_3-H_2O при 0°C/ Л.Солиев, М.Т. Джумаев, М.Б. Усмонов, И.М. Низомов. Материалы XI Международного Курнаковского совещания по физико-химическому анализу в рамках XX Менделеевского съезда по общей и прикладной химии. Россия, г. Воронеж, 27 июня – 1 июля 2016 г.. - С. 217-221.
8. Солиев Л. Изотермы растворимости и фазовых равновесий системы Na,Ca//SO_4,CO_3-H_2O при 0 и 25°C/ Л.Солиев, М.Т.Джумаев, М.Б.Усмонов, И.М.Низомов. International conference on Thermal Analysis and Calorimetry in Russia (RTAC - 2016)/ Saint-Peterburg, 2016. С. 322-324.
9. Солиев Л. Фазовые равновесия системы Na, Ca// SO_4, CO_3, F– H_2O при 0°C. /Л. Солиев, М. Усмонов // Журнал неорганической химии, 2013: Том 58; № 4. - С.530 - 534.
10. Soliev. L., Usmonov M. Phase Equilibria in the Na,Ca||SO_4,CO_3,F–H_2O System at 0°C/ L.Soliev., M. Usmonov. Russian Journal of Inorganic Chemistry, 2013, Vol. 58, №. 4. - P. 463–467.

11. Солиев Л. Определение фазовых равновесий системы Na, Ca// SO_4,CO_3 – H_2O при 0 и 25^oC/ Л.Солиев. Конференсияи илмӣ-методии Ҷумҳуриявӣ дар мавзӯи «Проблемаҳои муосири илмҳои физика – математика ва тайёрии касбии методии муаллимон». Душанбе – 2013. - С. 193-194.
12. 12.Горощенко Я.Г. Массцентрический метод изображения многокомпонентных систем/ Я.Г. Горощенко. – Киев. «Наукова думка», 1982. – 264 с.
13. 13.Аносов В.Я. Основы физико- химического анализа/ В.Я.Аносов, М.И.Озерова, Ю.Я.Фиалков. -М. «Наука», 1976. – 506 с.
14. 14.Справочник экспериментальных данных по растворимости многокомпонентных водно – солевых систем. СПб: Химиздат, 2003, т.1, кн. 1 -2. – 1152 с.
15. Солиев Л. Растворимость в системе Na,Ca//SO_4,CO_3-H_2O при 0 ^0C/ Л. Солиев, М.Джумаев, М.Усмонов, И.Низомов. Журн. неорган. химии. 2016, том 61, № 5. - С. 683-688.
16. Soliev L. Solubility in the Na,Ca//SO_4,CO_3-H_2O system at 0^0C/ L.Soliev, M.T.Dzumaev, M.Usmonov, I.M. Nizomov. Russian Journal at inorganic chemistry, 2016, vol.61, № 5. -P. 651-656.
17. Tursunbadalov S. Phase equilibria in multicomponent water-salt systems/ S.Tursunbadalov; L. Soliev. J. Chem. Eng. Data 2016, 61, –C. 2209−2220.
17. Тошов А.Ф. Прогнозирование фазовых равновесий в системе K,Mg,Ca||SO_4,Cl -H_2O методом трансляции/ А.Ф.Тошов. Автореферат диссертации к.х.н., Душанбе, 2000, 25с.
18. Янатьева О.К. Объём кристаллизации шенита в морской системе/ О.К.Янатьева, В.Т.Орлова. Журнал неорганической химии, 1953. Том 3. № 10. -С. 2408-2413
19. Солиев Л. Схематические диаграммы фозовых равновесий многокопоненых систем/ Л.Солиев. Журн. неорган. химии АН СССР. 1988, Т.33, №5. - С.1305-1310.

REFERENCES LITERATURE

1. Handbook of experimental data on the solubility of multicomponent water - salt systems. SPb: Khimizdat, 2004, vol. 2., Book. 12. – 1248 p.
2. Soliev L. Prediction of the structure of phase equilibrium diagrams of multicomponent water - salt systems by the translation method / L. Soliev. - M.:, 1987, 28s. Dep. In VINITI AN SSSR 20.12.87, No. 8990, - V 87.
3. Soliev L. Prediction of phase equilibria in a multicomponent marine-type system by the translation method (book 1) / L. Soliev. - Dushanbe, 2000 . - 247p.
4. Soliev L. Prediction of phase equilibria in a marine-type nogocomponent system by the translation method (book 2) / L. Soliev. - Dushanbe, 2011. - 147 p.
5. Soliev L. Determination of phase equilibria of Na, Ca// SO4, CO3 – H2O system at a temperature of 00C / L. Soliev, M. Usmonov. Republican scientific-practical conference "Problems of chemistry, chemical technology and modern metallurgy." Dushanbe 2011. -P.67-69.
6. Soliev L. Phase equilibria of the CaCO3 - CaSO4 – CaF2 – H2O system at 0oC. (TO MAN VSH). - Dushanbe, 2012. No. 1. - P.122 - 125.
7. Soliev L. Structure of the solubility diagram of the Na,Ca//SO4,CO3-H2O при 0 и 25oC / L. Soliev, M.T. Jumaev, M.B. Usmonov, I.M. Nizomov. International Kurnakov meeting on physical and chemical analysis within the framework of the XX Mendeleev Congress on general and applied hemistry.IMaterials of the X Russia, Voronezh, June 27 - July 1, 2016 - pp. 217-221.
8. Soliev L. Isotherms of solubility and phase equilibria of the system Na,Ca//SO4,CO3-H2O at 0 and 25oC / L. Soliev, MT Dzhumaev, MB Usmonov, IM Nizomov. International conference on Thermal Analysis and Calorimetry in Russia (RTAC - 2016) / Saint-Peterburg, 2016. - P. 322-324.
9. Soliev L. Phase equilibria of the Na, Ca// SO4, CO3, F– H2O system at 0oC / L. Soliev, M. Usmonov // Journal of Inorganic Chemistry, 2013: Volume 58; No. 4. - P.530 - 534.
10. Soliev. L., Usmonov M. Phase Equilibria in the Na,Ca||SO4,CO3,F–H2O System at 0°C/ L.Soliev., M. Usmonov. Russian Journal of Inorganic Chemistry, 2013, Vol. 58, №. 4. - P. 463–467.
11. Soliev L. Determination of phase equilibria of the Na, Ca// SO4,CO3 – H2O system at 0 and 25oC / L. Soliev. Republican scientific-methodical conference on "Modern problems of physical and mathematical sciences and methodological training of teachers." Dushanbe - 2013. - P. 193-194.
12. Goroshchenko Ya.G. Mass-centric method of imaging multicomponent systems / Ya.G. Goroshchenko. - Kiev. "Naukova Dumka", 1982. - 264 p.
13. Anosov V.Ya. Fundamentals of physico-chemical analysis / V.Ya. Anosov, MI Ozerova, Yu.Ya. Fialkov. -M. "Science", 1976. - 506 p.
14. Handbook of experimental data on the solubility of multicomponent water - salt systems. SPb: Khimizdat, 2003, vol. 1, book. 12. - 1152 p.
15. Soliev L. Solubility in the system Na,Ca//SO4,CO3-H2O at 0 0C / L. Soliev, M. Dzhumaev, M. Usmonov, I. Nizomov. Journal. inorgan. chemistry. 2016, volume 61, No. 5. - P. 683-688.
16. Soliev L. Solubility in the Na,Ca//SO4,CO3-H2O system at 00C/ L.Soliev, M.T.Dzumaev, M.Usmonov, I.M. Nizomov. Russian Journal at inorganic chemistry, 2016, vol.61, № 5. -P. 651-656.
17. Tursunbadalov S. Phase equilibria in multicomponent water-salt systems/ S.Tursunbadalov; L. Soliev. J. Chem. Eng. Data 2016, 61, –C. 2209−2220.
18. Toshov A.F. Prediction of phase equilibria in the system K,Mg,Ca||SO4,Cl -H2O by translation method / A.F. Toshov. Abstract of Ph.D. thesis, Dushanbe, 2000. - 25 p.
19. Yanatieva O.K. The volume of crystallization of shenite in the marine system / O.K. Yanatieva, V.T. Orlova. Journal of Inorganic Chemistry, 1953. Volume 3. No. 10. -S. 2408-2413
20. Soliev L. Schematic diagrams of fose equilibria of multicomponent systems / L. Soliev. Journal. inorgan. Chemistry of the USSR Academy of Sciences. 1988, Vol. 33, No. 5. - P. 1305-1310.

МУАЙЯНСОЗИИ МУВОЗИНАТҲОИ ФАЗАГИИ СИСТЕМАИ Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O БАРОИ ҲАРОРАТИ 0°C

Системаи чоркомпонентаи Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O дар ҳарорати 0°C бори аввал бо ёрии методи транслятсия омӯхта шудааст. Методи транслятсия мутобиқ ба қоидаҳои фазаҳои Гиббс ва принсипҳои асосии таҳлили физикӣ-химиявӣ имконияти дар як диаграмма ҷойгир намудани элементҳои геометрии сатҳи n ва n+1-ро дар бар мегирад. Қонуниятҳои ҳалшавандагӣ ва мувозинатҳои фазагии системаи Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O дар ҳарорати 0°C ҷой дошта, шароитҳои оптималии коркарди галургии минералҳои табиӣ ва техникиро муайян месозад. Муқаррар карда шудааст, ки барои системаи омӯхташаванда дар ҳарорати 0°C, 5-майдони дивариантӣ (дар мувозинат будани як фазаи сахт бо маҳлули сери худ), 7-хатти моновариантӣ (дар мувозинат будани ду фазаи сахт бо маҳлули сери худ), ва 3 нуқтаи нонвариантӣ (дар мувозинат будани се фазаи сахт бо маҳлули сери худ), хос мебошад. Дар асоси далелҳои бадастовардашуда аввалин маротиба диаграммаи сарбастаи мувозинатҳои фазагии ин системаи чоркомпонента сохта шудааст. Дар системаи секомпонентаи $CaCO_3$ – $MgCO_3$ – H_2O, ки дар ҳарорати 0°C қисми таркибии системаи омӯхташавандаро дар сатҳи чоркомпонентагӣ ташкил медиҳад як фазаи нав бо номи Дол – доломит $MgCO_3 \cdot CaCO_3$ ҳосил мешавад, ки он бо чор фазаи таркибии система ҳамсарҳад мебошад.

Калимаҳои калидӣ: методи транслиятсия, мувозинатҳои фазагӣ, компонент, диаграмма, элементҳои геометрӣ, нуқтаҳои нонварианты, хатҳои моновариантӣ, майдонҳои дивариантӣ.

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ СИСТЕМЫ Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O ПРИ 0°C

Методом трансляции исследованы фазовые равновесия системы Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O при 0°C. Методом трансляции, который вытекает из правила фаз Гиббса и основных принципов физико-химического анализа, элементов строения диаграмм частных n-компонентных систем с элементами общей (n+1) компонентной системы в одной диаграмме. Закономерности фазовых равновесий в системе Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O при 0°C, которой определяют условия комплексной переработки галлургического сложного полиминерального природного и технического сырья. Определено, что для четырёхкомпонентной водно – солевой системы Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O при 0°C характерно наличие 5 дивариантных полей, 7 моновариантных кривых и 3 нонвариантных точек. По результатам исследовании впервые построена схематическая диаграмма исследуемой системы при 0°C в области четырёхкомпонентного состава. Определено, что в составляющий трёхкомпонентной системы $CaCO_3$ – $MgCO_3$ – H_2O при 0°C образуются новая твёрдая фаза Дол – доломит $CaCO_3$ – $MgCO_3$ – H_2O, которая граничит с четырёх составляющих твёрдых фаз, что указывает на малую растворимость последнего.

Ключевые слова: метод трансляции, фазовые равновесия, компоненты, диаграмма, геометрические образы, нонвариантные точки, моновариантные кривые, дивариантные поля.

PHASE EQUILIBRIUM OF SYSTEM Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O AT 0°C

The quaternary Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O system at 0°C was investigated by means of translation method for the first time. Translation method which functions in accordance with Gibbs' phase rule and principles of physicochemical analysis, enables to contain the geometrical figures of n and (n+1)-component systems in the same diagram. Solubility and phase equilibria in the quaternary Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O system at 0°C determine the optimal conditions of exploitation of natural minerals and industrial wastes with the same composition. There are 5 divariant fields (one solid phase is in equilibrium with its liquid phase), 7 monovariant curves (two solid phases are in equilibrium with relevant liquid phase) and 3 invariant points (three solid phases are in equilibrium with relevant liquid phase) in the system Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O at 0°C. The closed phase equilibria diagram of the system was constructed based on the obtained results in this work. In the ternary $CaCO_3$ – $MgCO_3$ – H_2O system at 0°C which is subsystem of the investigated system a new $MgCO_3 \cdot CaCO_3$ phase named dolomite forms. Dolomite is outlined with the 4 phases of the investigated Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O system at 0°C.

Keywords: translation method**,** phase balances, system, connected diagram, component's , nonvariats points, lines of monovariants, squaires of divariants.

Маълумот дар бораи муаллифон: ***Умаралии Сафаралӣ*** – аспиранти кафедраи Химияи умумӣ ва ғайриорганикии Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С.Айнӣ. **Суроға**: 734003, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш.Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 121.

Солиев Лутфулло – доктори илмҳои химия, профессори кафедраи химияи умумӣ ва ғайриорганикии Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С.Айнӣ. **Суроға**: 734003, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш.Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 121.

Ҷабборзода Барногул – аспиранти кафедраи Химияи умумӣ ва ғайриорганикии Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С.Айнӣ. **Суроға**: 734003, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш.Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 121.

Усмонов Муҳаммадсалим – номзади илмҳои химия, дотсенты кафедраи Технология ва экологияи химиявии Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С.Айнӣ. **Суроға**: 734003, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш.Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 121. **E-mail:** usmonov.86@mail.ru

Сведения об авторах: ***Умаралии Сафаралӣ*** **–** аспирант кафедры общей и неорганической химии Таджикского государственного педагогического университета им. С. Айни. **Адрес**: 734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 121.

Солиев Лутфулло **–** доктор химических наук, профессор кафедры общей и неорганической химии Таджикского государственного педагогического университета им. С. Айни. **Адрес**: 734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 121.

Джабборзода Барногул **–** аспирант кафедры общей и неорганической химии Таджикского государственного педагогического университета им. С. Айни. **Адрес**: 734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 121.

Усмонов Мухаммадсалим **–** кандидат химических наук, доцент кафедры «Химическая технология и экология» ТГПУ им. С.Айни. **Адрес**: 734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 121. **E-mail**: usmonov.86@mail.ru

Information about the authors: ***Umarali Safarali*** – aspirant Department of "General and inorganic Chemistry" at Tajik State Pedagogical University named after Sadriddin Ayni. **Address**: 734003, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 121.
Soliev Lutfullo – Doctor of Chemical Sciences, Professor of Department of "General and Inorganic Chemistry". Tajik State Pedagogical University named after Sadriddin Ayni. **Address**: 734003, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 121.
Jabborzoda Barnogul – aspirant Department of "General and inorganic Chemistry" at Tajik State Pedagogical University named after Sadriddin Ayni. **Address**: 734003, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 121.
Usmonov Muhammadsalim – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor Tajik state pedagogical university named after S.Ayni **Address**: 734003, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 121. E-mail: usmonov.86@mail.ru

УДК. 547.546 + 547.822.7

SYNTHESIS OF NEW DERIVATIVES OF N^1,N^4-BIS(3-R-1,5-DINITRO-3-AZABICYCLO[3.3.1]NON-6-EN-6-Yl)TEREPHTHALAMIDE

Mukhtorov[1] L. G., Ivanova[1] E. V., Nikishina[1] M. B., Karimov[2] M. B., Rajabov[3] S. I., Atroshchenko[1] Yu. M.

[1]Department of Chemistry. Tula State Pedagogical University (Lev Tolstoy)

[2]Dushanbe branch of the National Research Technological University

[3] Scientific Research Institute of the Tajik National University, laboratory "Glycerol chemistry"

Introduction. One of the promising classes of organic compounds are 3-azabicyclo[3.3.1]nonans, which is due to their high physiological activity of a wide spectrum of action [1]. Previously, 3-azabicyclo[3.3.1] nonanes were synthesized by the Mannich reaction with the participation of anionic adducts of various dinitroarenes [2-6]. In this work, we proposed using N^1,N^4-bis(2,4-dinitrophenyl)terephthalamide as a substrate for the synthesis of heterocyclic systems. The azabicyclononans keleton of the derivatives obtained is a structural fragment of many alkaloids, such as aconitine, quinidine, tropane, garnetan, etc. [7], which have diverse biological activity.

Experimental. ^{1}H NMR spectra were recorded on a Bruker drx-500 spectrometer [500.18 MHz (1H), internal standard- HMDS. High-resolution mass spectrum was taken on a Bruker Daltonics Microtof II instrument (ESI ionization-electrospray method)]. CHNS/O Analyzers 2400 Series II. The melting point of the synthesized compound was determined on a Boëtius heater. the purity and individuality of the obtained compound was controlled by TLC on Sorbfil uv-254 plates, Eluent - Toluene –Acetone –Hexane, [4:1:1] by volume, detection with UV light.

Synthesis of N^1,N^4-diphenyl terephthalamide, **(1a)** [8]. The experimental set up consists of a 250 ml glass beaker equipped with a glass rod stirrer coupled with an overhead mechanical stirrer. Dimethyl acetamide (DMAc) (30 ml) is added to the beaker and the beaker is immersed in an ice bath to cool the system to 10-15°C. Then aniline (4.866 g) is added to the solvent with constant stirring, the resultant mixture is cooled to 10-15°C. Terephthaloyl chloride (3g) is added gradually to the cooled stirred mixture such that the temperature of the reaction is maintained below 30°C. The acid chloride is added over a period of one-two hours, after which the mixture is stirred for another three hours at 10-15° C. and then at room temperature overnight. The reaction mixture is milky white (a fine Suspension of the product in the Solvent) and is vacuum filtered using a filter paper and a Buchner funnel. The crude product is washed with acetone (20 ml) and then washed with hot water (20 ml). The product is then air dried over night at room temperature and then is dried in a vacuum oven 150° C. for 4-6 hours. The product (4.642 g) is a highly crystalline white solid. The melting point is 346-348^{0}C. (Prac. 344-346 ^{0}C)

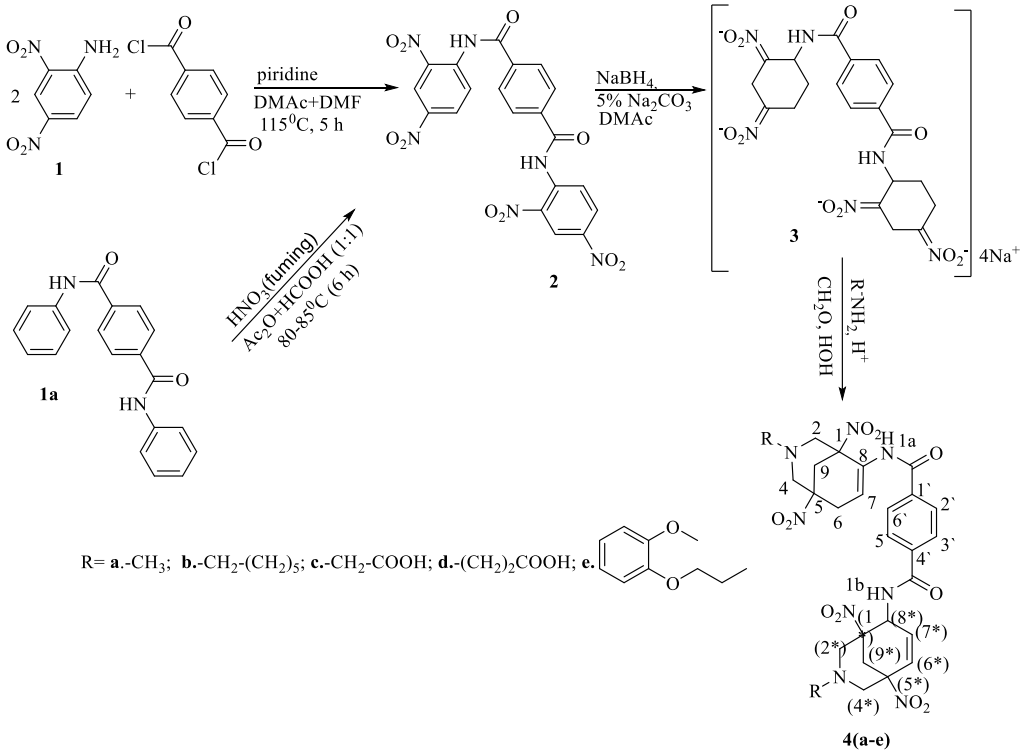
a). N^1,N^4-bis(2,4-dinitrophenyl)terephthalamide **(2).** Received N^1,N^4-diphenyl terephthalamide, terephthaloyl(terephthalic acid dichloride) in solutions of dimethylacetamide and dimethylformamide (2: 1). To this end, 10.99 g (0.06 mol) of 2, 4-dinitroaniline was introduced into a round-bottom flask equipped with a reflux condenser, dissolved in 40 ml of dimethylacetamide and 20 ml of dimethylformamide. A mixture consisting of 10.08 g (0.120 mol) of $NaHCO_3$ and 12.20 g (0.060 mol) of terephthaloyl (terephthalic acid dichloride) was added to the resulting solution, which was pre-cooled to 5 °C. The reaction mixture was heated at 115^{0}C with constant stirring and 10 ml of pyridine was added over 30 minutes then held for 5 hours. The mixture was then cooled and poured onto ice. The precipitated orange precipitate was filtered off, washed with water, and purified by recrystallization from propanol.

b). N^1,N^4-bis(2,4-dinitrophenyl)terephthalamide **(2).** Nitration of N^1,N^4-diphenyl terephthalamide **1a**. While stirring the cooled ice crystallizer, 20 g (0.63 mol) of N_1,N_4-diphenyl terephthalamide and HNO_3 (fuming) were added 39.87 g (0.63 mol), H_2SO_4 62.02 g (0.63 mol)

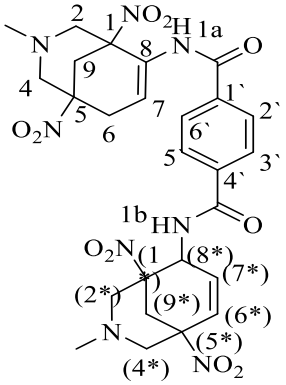
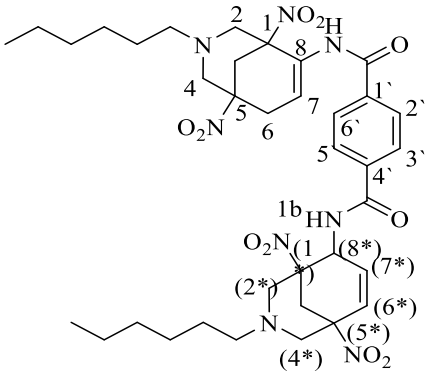
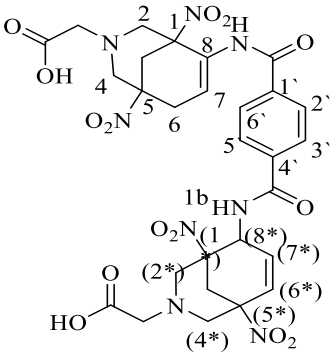
the mixture was heated for 6 hours, 80-85^{0}C was cooled to room temperature, poured onto 500 g of ice granules. The resulting yellow precipitate was filtered off and washed with cold water. N^1,N^4-bis(2,4-dinitrophenyl)terephthalamide **(2)** was recrystallized from propanol. Yield 89%. Mp.177-179^{0}C, R*f* = 0,53. NMR ^{1}H спектр (500.18. MHz, DMSO-d6, δ, ppm): (4H, s. 8.19, (Ph)) ; 8.62 d. (1H, d, H^5, ^4j=10.1), 8.79 d. (1H, d. H^3, ^4j=10.1), 11.38 (1H, s, NH). Anal. Calcd for $C_{20}H_{12}N_6O_{10}$: C 48.40; H 2.44; N 16.19. Found: 48.42; H 2.45; N 16.13. LRMS (*m/z*,[M+H]$^+$):496.0851 $C_{20}H_{12}N_6O_{10}$. Calculated, *m/z*: 496.0651.

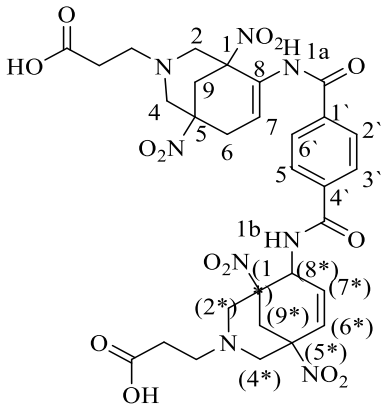
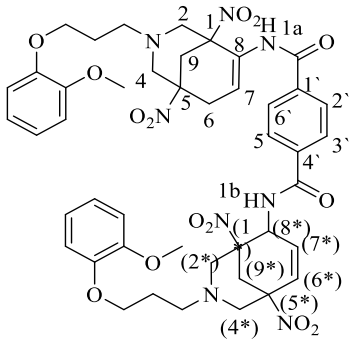
General procedure for the synthesis of 3-substituted N^1-(3-R-1,5-dinitro-3-azabicyclo[3.3.1] non-6-en-6-yl)-N^4-(3-R-1,5-dinitro-3-azabicyclo[3.3.1]non-7-en-6-yl)terephthalamide (4a-e): To a cooled solution of 0.50 g (1 mol) of N^1,N^4-bis(2,4-dinitrophenyl)terephthalamide **(2)** in 15 ml of DMAc was added drop wise a suspension of 0.15 g (0.4 mol) of sodium tetra hydride borate in 10 ml of a 5% solution of carbonate sodium in water so that the temperature of the reaction mixture is -5-0^{0}C. After adding the reagent, the mixture was kept at the indicated temperature for 30 minutes, and then at room temperature for 20 minutes. A pre-cooled amino ethylating mixture (8 ml of a 32% formaldehyde solution and 1.5 mol of the corresponding amine hydrochloride) was added in portions to the resulting σ-adduct. Next, the reaction solution was acidified with a 20% phosphoric acid solution. After 20-30 minutes, the precipitate formed was filtered off, washed with water and recrystallized from ethyl alcohol.

Scheme 1.

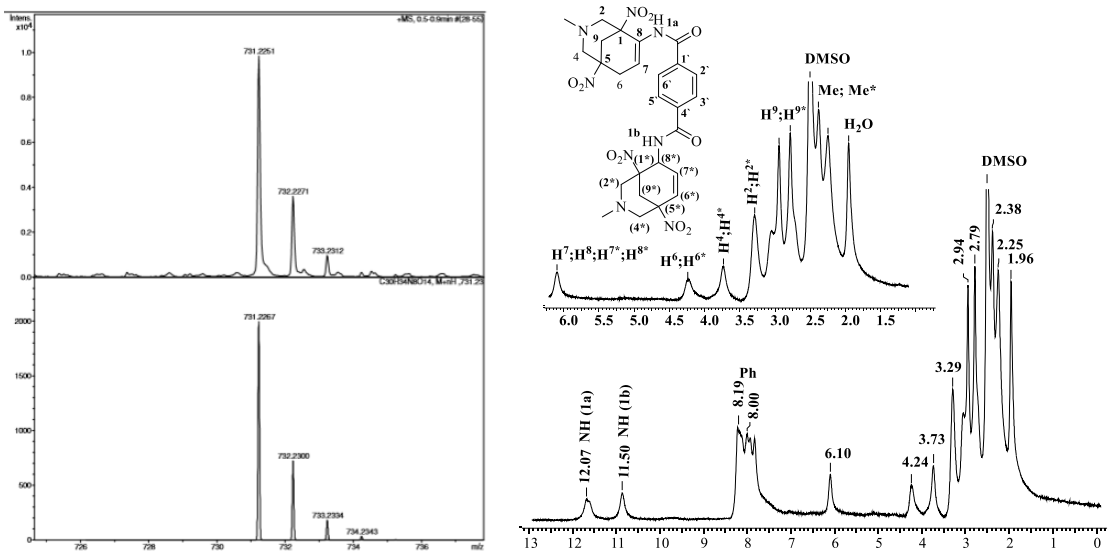


4(a-e)

	*N*[1]-(3-methyl-1,5-dinitro-3-azabicyclo[3.3.1]non-6-en-6-yl)-*N*[4]- (3-methyl-1,5-dinitro-3-azabicyclo[3.3.1]non-7-en-6-yl) terephthalamide. **(4a**): Yield 88%. Mp. 120-122^{0}C. R*f* 0.67. ЯМР ^{1}H спектр (500.18. MHz, DMSO-d$_6$, δ, ppm): 12.07 d; (11.50) s. (1H, NH), 3.29 д. (1H, H^2$_e$, ^{2}*j* 10.1 Hz), 2.92 d. (1H, H^2$_a$, ^{2}*j* 10.4 Гц), 3.73 s. (2H, H^4$_e$, ^{2}*j* 10.1 Hz), 4.24 s. (2H, H^6), 2.94 d. (1H, H^9$_e$, ^{2}*j* 10.2 Hz), 2.79 d.d. (1H, H^9$_a$, ^{2}*j* 10.2, ^{4}*j* 2.1 Hz), 2.38 s. (3H, NCH$_3$), 8.19 d.d. (4H(Ph-(CO)$_2$), 8.00 d. (4H(Ph-(CO)$_2$). Anal.Calcd for $C_{26}H_{30}N_8O_{10}$,C 50.81; H, 4.92; N, 18.23. Found: C, 51.01; H, 4.82; N, 18.18. LRMS (*m/z*,[M+H]$^+$): 614.5791. [M+H]$^+$ $C_{26}H_{30}N_8O_{10}$ Calculated, *m/z*: 614.5795.
	*N*[1]-(3-hexyl-1,5-dinitro-3-azabicyclo[3.3.1]non-6-en-6-yl)-*N*[4]-(3-hexyl-1,5-dinitro-3-azabicyclo[3.3.1]non-7-en-6-yl) terephthalamide. **(4b):** Yield 62%. Mp. 141-143^{0}C. R*f* 0.66. NMR ^{1}H spectrum (500.18. MHz, DMSO-d6, δ, ppm): 11.70 d.(11.42) s. (1H, NH), 3.14 d. (1H, H^2**e**, ^{2}*j* 10.1 Hz), 2.92 d. (1H, H^2$_a$, ^{2}*j* 10.4 Hz), 3.84 s. (2H, H^4$_e$, ^{2}*j* 10.1 Hz), 4.22 s. (2H, H^6), 2.81 d. (1H, H^9$_e$, ^{2}*j* 10.2 Hz), 2.73 d.d. (1H, H^9$_a$, ^{2}*j* 10.2, ^{4}*j* 2.1 Hz), 1.64 s. (13H, N(CH$_2$) $_6$), 8.15 dd. (4H (Ph-(CO)$_2$), 7.94 d. (4H (Ph-(CO)$_2$). Found, *m/ z:* 754.3662. [M + H] + $C_{36}H_{50}N_8O_{10}$ Calculated, *m/z*: 754.3861. Found, C 57.28; H 6.68; N 14.84; Calculated, C 57.22; H 6.71; N 15.01.
	2-(8-(4-((3-(carboxymethyl)-1,5-dinitro-3-azabi-cyclo[3.3.1]non-6-en-6-yl)carbamoyl)benzamido)-1,5-dinitro-3-azabicyclo [3.3.1]non-6-en-3-yl) acetic acid **(4c):** Yield 75%. Mp. 166-168^{0}C. R*f* 0.73. NMR ^{1}H spectrum (500.18. MHz, DMSO-d$_6$, δ, ppm): 10.13 d .; (10.02) d. (1H, NH), 3.18 d. (1H, H^2$_e$, ^{2}*j* 10.1 Hz), 3.08 d. (1H, H^2$_a$, ^{2}*j* 10.4 Hz), 3.82 d. (2H, H^4$_e$, ^{2}*j* 10.1 Hz), 4.27 d. (2H, H^6), 2.95 d. (1H, H^9$_e$, ^{2}*j* 10.2 Hz), 2.86 dd. (1H, H^9$_a$, ^{2}*j* 10.2, ^{4}*j* 2.1 Hz), 3.18 t. (3H, NCH$_2$COOH), 7.93 dd. (4H (Ph- (CO)$_2$), 7.87 t. (4H (Ph-(CO)$_2$),. Found, *m/z:* 702.1918.[M+H]$^+$ $C_{28}H_{30}N_8O_{14}$ Calculated, *m/z:* 702.1920. Found , C 47.87; H 4.30; N 15.95; Calculated, C 47.89; H 4.22; N 16.01;

	3-(8-(4-((3-(2-carboxyethyl)-1,5-dinitro-3-azabi-cyclo[3.3.1]non-6-en-6-yl)carbamoyl)benzamido)-1,5-dinitro-3-azabicyclo[3.3.1]non-6-en-3-yl)propanoic acid **(4d).** Yield 70%. Mp. 175-177^{0}C. R*f* 0.78. NMR ^{1}H spectrum (500.18. MHz, DMSO-d6, δ, ppm): 12.16 d. (12.10) d. (1H, NH), 3.21 d. (1H, H^2_e, ^2j 10.1 Hz), 3.12 d. (1H, H^2_a, ^2j 10.4 Hz), 3.91 t. (2H, H^4_e, ^2j 10.1 Hz), 4.30 d. (2H, H^6), 2.98 t. (1H, H^9_e, ^2j 10.2 Hz), 2.71 d.d. (1H, H^9_a, ^2j 10.2, ^4j 2.1 Hz), 2.46 t. (4H, N $(CH_2)_2$COOH), 7.92 d. (4H (Ph-$(CO)_2$), 7.88 d.(4H (Ph-$(CO))_2$). Found, *m/z:* 731.2251. $[M+H]^+$ $C_{30}H_{34}N_8O_{14}$ Calculated, m / z: 731.2267. Found, C 49.32; H 4.69; N 15.34; Calculated, C 50.02; H 4.66; N 15.36.
	*N*^{1}-(3-(3- (2-methoxyphenoxy) propyl) -1,5-dinitro-3-azabicyclo[3.3.1]non-6-en-6-yl)-*N*^{4}-(3-(3-(2-methoxyphenoxy)propyl)-1,5-dinitro-3-azabicyclo[3.3.1]non-7-en-6-yl)terephthalamide. **(4e).** Yield 72%. Mp. 152-154^{0}C. R*f* 0.81. NMR ^{1}H Spectrum (500.18. MHz, DMSO-d_6, δ,ppm): 12.02. s. (11.37) s. (1H, NH), 3.22 d. (1H, H^2_e, ^2j 10.1 Hz), 3.06 d. (1H, H^2_a, ^2j 10.1 Hz), 3.77 s. (2H, H^4_e, ^2j 10.1 Hz), 4.11 s. (2H, H^6), 2.86 d. (1H, H^9_e, ^2j 10.2 Hz), 2.40 d.d. (1H, H^9_a, ^2j 10.2, ^4j 2.1 Hz), 6.94.s.(11H, N$(CH_2)_2$PhOCH_3), 6.87 d. (11H, N $(CH_2)_2$PhOCH_3), 8.18 d. (Ph-H,), 8.13. s. (Ph-H,). Found, *m/z:* 914.3434. $[M+H]^+$ $C_{44}H_{50}N_8O_{14}$ Calculated, *m/z:* 914.3534. Found, C, 57.76; H, 5.51; N, 12.25; Calculated, C, 57.77; H, 5.50; N, 12.33.

Results and its discussion. The starting *N*^{1},*N*^{4}-bis(2,4-dinitrophenyl) terephthalamide **(2)** was synthesized by acylation of 2,4-dinitroaniline **(1)** [9]. Synthesis of target 3-substituted *N*^{1}-(3-R-1,5-dinitro-3-azabicyclo[3.3.1]non-6-en-6-yl)-*N*^{4}-(3-R-1,5-dinitro-3-azabicyclo[3.3.1]non-7-en-6-yl)terephthalamide was carried out in two stages (Scheme1). At the first stage, under the action of an aqueous solution of sodium tetrahydride borate on *N*^{1},*N*^{4}-bis(2,4-dinitrophenyl)terephthalamide (2). In the medium of *N*,*N*-dimethylacetamide (DMAc), a beige crystalline precipitate of the anionic complex was observed (3), which is the product of the nucleophilic attachment of a hydride ion to the substrate core. Previously, adducts of a similar structure were obtained and studied using *N*^{1},*N*^{4}-bis(2,4-dinitrophenyl) terephthalamide as an example [11-15]. A pre-chilled aminomethylating mixture was added in portions to the σ-adduct formed in the first stage. then the reaction mixture was acidified with a 20% phosphoric acid solution after 20-30 minutes, the precipitate formed was filtered off, washed with water and recrystallized from ethanol. The yield of target products (**4a-e**) was 62-88%.The structure of the obtained compounds was proved using spectral methods: High resolution mass spectrum, 1H-NMR spectroscopy.



Picture. 1. Mass spectrum, (4d); ^{1}H NMR spectrum (500.18 MHz, dmso-d$_6$) N,N^4-(3-methyl-1,5-dinitro-3-azabicyclo[3.3.1]non-6-en-6yl)terephthalamide (4a).

Conclusion

1. Thus, a preparative method for the synthesis of 3-substituted *N*^{1}-(3-R-1,5-dinitro-3-azabicyclo[3.3.1]non-6-en-6-yl)-*N*^{4}-(3-R-1,5-dinitro-3-azabicyclo[3.3.1]non-7-en-6-yl)terephthalamides, starting from the hydride adduct *N*^{1},*N*^{4}-bis(2,4-dinitrophenyl) terephthalamide, as a result of successive nucleophilic hydride addition reactions -ion and double condensation Mannich. The structure of the synthesized compounds was determined using various spectral methods. So, the presented results allow us to draw the following conclusions:

2. A preparative method for the synthesis of *N*^{1}-(3-R-1,5-dinitro-3-azabicyclo[3.3.1]non-6-en-6-yl)-*N*^{4}-(3-R-1,5-dinitro-3-azabicyclo[3.3.1]non-7-en-6-yl)terephthalamides, starting from the hydride adduct *N*^{1},*N*^{4}-bis(2,4-dinitrophenyl) terephthalamide, the structure of the synthesized compounds was studied by high resolution 1d NMR spectroscopy, their structure is established.

REFERENCES LITERATURE

1. Zefirov N. S., Rogozina S. V. Successes in the synthesis of 3,7,9-hetero analogs of bicyclo[3.3.1]nonane. *Advances in chemistry.* **1973.** No. 42. P. 423-441.
2. Mukhtorov L.G., Blokhin I.V., Atroshchenko Yu.M., Shakhkeldyan I.V., Shumsky A.N. Synthesis of 3-substituted *N*-(1,5-dinitro-8-oxo-3-azabicyclo[3.3.1]non-6-en-7-yl)formamides. *Izvestiya TulGU Natural Science.*. **2017.** No. 1. C. 33-43.
3. Morozova E.V., Yakunina I.E., Blokhin I.V., Shakhkeldyan I.V., Atroshchenko Yu.M. Synthesis of 2,6-diazatricyclo-dodecans based on 2-hydroxy-3,5-dinitropyridine. *Journal of Organic Chemistry.* **2012.** V. 48. No. 10. S.1387-1388.
4. Ivanova E.V., Blokhin I.V., Fedyanin I.V., Shakhkeldyan I.V., Atroshchenko Yu.M. Synthesis of tricyclic systems based on the σ-adduct of 2-hydroxy-3,5-dinitropyridine with acetone. *Journal of Organic Chemistry.* **2015.** V. 51. No. 4. S. 515-520.
5. Morozova EV, Yakunina I.E., Kobrakov K.I., Blokhin I.V., Shumsky A.N., Atroshchenko Yu.M. Anionic adducts of 2-hydroxy-3,5-dinitropyridine in mannich condensation. University news. chemistry and chemical technology. **2013.**V. 56. No. 10. C. 23-25.
6. Ivanova E.V., Fedyanin I.V., Surova I.I., Blokhin I.V., Atroshchenko Yu.M., Shakhkeldyan I.V. amino and hydroxymethylation of hydride adducts of 2-hydroxy-3,5-dinitropyridine. *Chemistry of heterocyclic compounds*. **2013.** No. 7. p. 1073-1081.
7. Fattorusso E., Taglialatela-Scafati O. *Modern alkaloids: structure, isolation, synthesis, and biology. John wiley & sons.* **2008.** P. 691
8. Rong LuoXinyu Zhao., U(43) Jun. 20, **2013.** 2013/0155597 A1
9. Irwin A. P., William M. D. Derivatives of picramic acid and some of their rearrangements. *J. Amer. Chem. Soc.* **1938.**V. 60. P. 925-927.
10. Atroshchenko Yu.M., Blokhin I.V., Ivanova E.V., Kovtun I.V. Experimental and theoretical study of the physicochemical properties of hydride σ-adducts based on 2-hydroxy-3,5-dinitropyridine. *Izvestiya TulGU Natural Science.* **2013.** No. 3. P. 244-252.
11. Radjabov, S.I. Synthesis and modification of some aminopropane-2-ols from fullerene C_{60} / S.I. Radjabov, R.A. Mustafokulova, S. Kh. Odinaev, M.B. Karimov // Materials of the republican scientific-theoretical conference of the faculty and staff of TNU, dedicated to the "20 th anniversary of the day of national unity" and "Year of youth." – Dushanbe. **2017.** P 324-327.

12. Radjabov, S. I. Synthesis of new amino acid epichlorohydrin derivatives with fullerene C60 /S. I. Radjabov, S.I. Odinaev, A.A. Gulov, M.B. Karimov // Materials of the Republican scientific-theoretical conference of the faculty and staff of the TNU dedicated to the "25-th anniversary of state independence of the Republic of Tajikistan". Dushanbe. **2016.** P. 565-566.
13. Radjabov, S.I. Interaction of methyl and ethyl esters of aliphatic amino acids with fullerene C_{60} / S.I. Radjabov, C.X. Odinaev, A.A. Gulov, S.E. Asoev, M.B. Karimov // Materials of the republican scientific-theoretical conference of teachers and staff of the TNU dedicated to the "25-th anniversary of state independence of the Republic of Tajikistan". Dushanbe. **2016.** P. 564.
14. Radjabov, S.I. New glycerin derivatives based on fullerene C_{60} / S.I. Radjabov, A. A. Gulov, R. A. Mustafoqulova, M. B. Karimov // Message of the Tajik National University. Dushanbe: Sino. **2017.** No 1/2. Department of Natural Sciences. P. 162-165.
15. Mustafokulova, R.A. Study of the reaction of ethyl esters of amino acids with 2-chloromethyloxiran/ R.A. Mustafokulova, S.I. Radzhabov, F.B. Kimsanova// International Scientific Conference "Horizons and Perspectives of Petro chemistry and Organic Synthesis". **2018.** P. 24-26.

SYNTHESIS OF NEW DERIVATIVES OF *N¹,N⁴*-BIS(3-R-1,5-DINITRO-3-AZABICYCLO[3.3.1]NON-6-EN-6-YL)TEREPHTHALAMIDE

Obtaining new derivatives of 3-azabicyclononan is an actual direction in the synthesis of compounds. It is known that 3-azabicyclononan is the only pharmacophore of a number of plant alkaloids, our widespread medical applications (aconitine, quinidine, tropane, cocaine, pomegranate, etc.). a fragment of 3-azabicyclo[3.3.1]nonane was found among synthetic heterocycles, compounds with various types of biological activity were found: analgesic and anti-inflammatory, antimicrobial and fungicidal, anti-cancer, antioxidant, and others. We synthesized a number of new derivatives of 3-azabicyclo[3.3.1]. The synthesis was carried out in two stages. At the first stage, under the action of sodium tetrahydride borate on a solution of N^1,N^4-bis(2,4-dinitrophenyl)terephthalamide, the C=C compounds of the aromatic ring are reduced to form a 4-charged hydride diadduct. The resulting diadduct are only result and cooling. upon acidification, a mixture of dilute phosphoric acid is released until the pH of 4–5 precipitates the desired products. after recrystallization from ethanol, the yield of whole products, depending on the substituent at the nitrogen atom, was 62-88%. This method is distinguished by relative simplicity, access to reagents and allows under mild conditions the transition from an activated nitro group to an aromatic system with a 3-azabicyclo[3.3.1] derivative The structure of the obtained compounds was proved by ^{1}H-, NMR spectrosc**.**

Keywords: Nitration of N^1, N^4-diphenylterephthalamide, hydride adducts, Mannich condensation, N^1, N^4-bis (2,4-dinitrophenyl) terephthalamide, N^1- (3-R-1,5-dinitro-3-azabicyclo [3.3.1] non-6-en-6-yl) -N^4- (3-R-1,5-dinitro-3-azabicyclo [3.3.1] non-7-en-6-yl) terephthalamide.

СИНТЕЗ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ N^1,N^4-БИС(3-R-1,5-ДИНИТРО-3-АЗАБИЦИКЛО[3.3.1]НОН-6-ЕН-6-ИЛ) ТЕРЕФТАЛЬАМИДА

Получение новых производных 3-азабициклононана является актуальным направлением в синтезе органических соединений. известно, что 3-азабициклононан является ключевым фармакофором ряда растительных алкалоидов, нашедших широкое применение в медицине (аконитин, хинидин, тропан, кокаин, гранатан и др.). среди синтетических гетероциклов, содержащих фрагмент 3-азабицикло[3.3.1]нонана, обнаружены соединения, обладающие различными видами биологической активности: анальгетической и противовоспалительной, антимикробной и фунгицидной, противораковой, антиоксидантной и др. нами синтезирован ряд новых производных 3-азабицикло[3.3.1]нонанов конденсацией манниха гидридного σ-аддукта N^1,N^4-бис(2,4-динитрофенил)терефталамида с формальдегидом и первичными аминами или аминокислотами. синтез осуществляли в две стадии. на первой стадии при действии тетрагидридобората натрия на раствор N^1,N^4-бис(2,4-динитрофенил)терефталамида происходило восстановление связей C=C ароматического кольца с образованием 4-х зарядного гидридного диаддукта. полученный диаддукт выделяли из раствора и при охлаждении льдом вводили в реакцию конденсации по Манниху с формальдегидом и раствором первичного амина или аминокислоты. при подкислении реакционной смеси разбавленной ортофосфорной кислотой до pH 4–5 выпадали осадки целевых продуктов. после перекристаллизации из этанола выход целевых продуктов в зависимости от заместителя при атоме азота составил 62-88%. Данный способ отличается относительной простотой, доступностью реагентов и позволяет осуществить в мягких условиях переход от активированной нитрогруппами ароматической системы к производным 3-азабицикло[3.3.1]нонана, содержащим перспективные с точки зрения дальнейшей функционализации нитро-, карбонильные, аминогруппы, а также атом галогена. структура полученных соединений доказана методами ^{1}H-, ЯМР-спектроскопии, Масс а также данными Элементного анализа.

Ключевые слова: Нитрование N^1,N^4-дифенилтерефталамид, гидридные аддукты, конденсация Манниха, N^1,N^4-бис(2,4-динитрофенил) терефталамид, N^1-(3-R-1,5-динитро-3-азабицикло[3.3.1]нон-6-ен-6-ил)-N^4-(3-R-1,5-динитро-3-азабицикло[3.3.1]нон-7-ен-6-ил) терефтальамид.

СИНТЕЗ ВА ҲОСИЛАҲОИ НАВИ N^1,N^4-БИС(3-R-1,5-ДИНИТРО-3-АЗАБИСИКЛО[3.3.1]НОН-6-ЕН-6-ИЛ) ТЕРЕФТАЛИД

Гирифтани ҳосилаҳои нави 3-азабисиклононан, самти муҳим дар синтези пайвастаҳои органикӣ мебошад. Маълум аст, ки 3-азабисиклононан дорусозии асосии як қатор алкалоидҳои рустаниест, ки дар тиб васеъ истифода бурда мешавад (аконитин, квинидин, тропан, кокаин, гранатан ва ғайра). Дар байни гетеросиклҳои синтетикӣ, ки дорои фрагменти ғайританилии 3-азабискло[3.3.1] мебошад, пайвастаҳо бо намудҳои гуногуни фаъолияти биологи: аналгетикҳо ва зидди илтиҳобӣ, зиддимикробӣ ва фунгитсидӣ, антитсиктор, антиоксидантҳо ва ғ. мебошанд. Мо як қатор ҳосили нави 3-азабисклҳоро синтез намудем [3.3.1] нонанон бо роҳи конденсатсия кардани Манниха гидридҳои σ-аддукти *N¹*,*N⁴*-бис(2,4-динитрофенил)терефталамид бо формалдегид ва аминокислотаҳои ибтидоӣ ё аминокислотаҳо. Синтез дар ду марҳила гузаронида шуд. Дар марҳилаи аввал бо таъсири зарбаҳои тетроҳидридҳои натрий дар маҳлули *N¹*,*N⁴*-бис(2,4-динитрофенил)терефталид, пайвандҳои C=C ҳалқаи ароматикӣ барқарор карда шуданд, ки диаддидаи 4 зарфи гидридиро ташкил доданд. Диадексияи ба даст омада, аз маҳлул ҷудо карда шуд ва ҳангоми хунуккунӣ бо ёрии ях ба реаксияи конденсатсияи Манниха бо формалдегид ва маҳлули R-амино, аминокислотаи ибтидоӣ ё аминокислотаҳо ворид карда шуд. Ҳангоми омехта кардани кислотаи фосфор то маҳлули кислотаги pH 4–5 расонда шуд. Сипас моддаи ҳосилшударо бо этанол

шӯста шуд. Маҳсулоти ҳосилшуда вобаста аз ҷойивазкунандаи атоми нитроген, 62-88% муяссар шуд. Сохтори пайвастаҳои бадастоварда бо ^{1}H, спектроскопияи ЯМР, Масс, инчунин, бо таҳлили элементӣ тасдиқ карда шуд.

Калидвожаҳо: Нитрониш N^1,N^4-дифенилтерефталид, хосилкунии аддуктҳо бо роҳи ҳидрониш, конденсатсияшавии Манниха, N^1,N^4-бис(2,4-динитрофенил)терефталид, N^1-(3-R-1,5-dinitro-3-азабицикло[3.3.1]нон-6-ен-6-ил)-N^4-(3-R-1,5-динитро-3-азабицикло[3.3.1]нон-7-ен-6-ил)терефталид

Маълумот оид ба муаллифон: Мухторов Лоиқ Гургович - номзади илмҳои кимиё, корманди илмии Маркази тадқиқоти инноватсионии «Биотехнологияҳои илмӣ-интенсивӣ ва химиявӣ». Донишгоҳи педагогии давлатии шаҳри Тула ба номи Л. Н. Толстой. - Суроға: 300026, Россия, ш. Тула, хиёбони Ленин, 125. **Тел**.: 8-953-188-46-16. **E-mail**: mukhtorov.loik@mail.ru
Иванова Евгения Владимировна - номзади илмҳои кимиё, дотсенти факултаи кимиё, Донишгоҳи педагогии давлатии шаҳри Тула ба номи Л. Н. Толстой. **Суроға**: 300026, Россия, ш. Тула, хиёбони Ленин, 125. **Тел**.: 8-920-273-61-51. **E-mail**: omela005@mail.com
Никишина Мария Борисовна - номзади илмҳои кимиё, дотсенти факултаи кимиё, Донишгоҳи педагогии давлатии шаҳри Тула ба номи Л. Н. Толстой. **- Суроға**: 300026, Руссия, ш. Тула, хиёбони Ленин, 125. **Тел.:** 8-960-611-50-86. **E-mail:** mama_67@mail.ru
Каримов Маҳмадқул Бобоевич- д.и.х., профессори Филиали Донишгоҳи миллии тадқиқоти технологи «МИСиС» дар ш. Душанбе. **Суроға**: Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, кӯчаи Назаршоев, 7. **Тел**. +992919410241. E-mail. karimovm.b@mail.ru
Раҷабов Сирочиддин Икромович - Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, доктори илмҳои химия, и.в., профессор, мудири кафедраи химияи органикӣ. **Суроға**: 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рудакӣ, 17. Тел.: 904-60-04-60. **E-mail**: ikromovich80@mail.ru
Атрошенко Юрий Михайлович - Донишгоҳи педагогии давлатии шаҳри Тула ба номи Л. Н. Толстой, д.и.х., профессор факултаи кимиё, корманди калони илмии Маркази тадқиқоти инноватсионии “Биотехнологияҳои илмӣ-интенсивӣ ва химиявӣ”. **Суроға**: 300026, Россия, ш. Тула, хиёбони Ленин, 125. **Тел**.: +7 (4872) 35-78-08. **E-mail**: reaktiv@tspu.ru

Сведения об авторах: ***Мухторов Лоик Гургович*** – кандидат химических наук, научный сотрудник Инновационный научный центр “Наукоёмкие и химические биотехнологии”. Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого (ФГБО ВО «ТГПУ им. Л.Н. Толстого» Адрес: 300026, Россия, город Тула, проспект Ленина, 125. Тел.: 8-953-188-46-16. E-mail: mukhtorov.loik@mail.ru
Иванова Евгения Владимировна – кандидат химических наук, доцент кафедры химии. Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого (ФГБО ВО «ТГПУ им. Л.Н. Толстого». Адрес: 300026, Россия, город Тула, проспект Ленина, 125. **Тел**.: 8-920-273-61-51. **E-mail**: omela005@mail.com
Никишина Мария Борисовна – кандидат химических наук, доцент кафедры химии. Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого (ФГБО ВО «ТГПУ им. Л.Н. Толстого». **Адрес**: 300026, Россия, город Тула, проспект Ленина, 125.**Тел.:** 8-960-611-50-86. **E-mail**: mama_67@mail.ru
Каримов Махмадкул Бобоевич – д.х.н., профессор Филиала национального исследовательского технологического университета «МИСиС» в городе Душанбе. **Адрес**: Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Назаршоев, 7. **Тел**. +992919410241. **Email**. karimovm.b@mail.ru
Раджабов Сироджиддин Икромович – Таджикский национальный университет, доктор химических наук., и.о., профессора, заведующий кафедры органической химии. **Адрес**: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. Тел.: +992-904-60-04-60. **E-mail**: ikromovich80@mail.ru
Атрошенко Юрий Михайлович – Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, доктор химических наук, профессор кафедры химии. Старший научный сотрудник Инновационный научный центр “Наукоёмкие и химические биотехнологии”. **Адрес**: 300026, Россия, город Тула, проспект Ленина, 125.**Тел**.: +7 (4872) 35-78-08. **E-mail**: reaktiv@tspu.ru

Information about the authors: ***Mukhtorov Loik Gurgovich*** – D.ph in Chemistry, Researcher Innovation Research Center “Science-Intensive and Chemical Biotechnologies”. Tula State Pedagogical University (L.N. Tolstoy). Address: 300026, Russia Federation Tula city, avenue Lenin, 125. Phone: 8-953-188-46-16. E-mail: mukhtorov.loik@mail.ru
Ivanova Evgeniya Vladimirovna – D.ph in Chemistry, docent faculty of chemistry. Tula State Pedagogical University (L.N. Tolstoy). Address: 300026, Russia Federation Tula city, avenue Lenin, 125. **Phone**: **8-920-273-61-51**. **E-mail**: omela005@mail.com
Nikishina Mariya Borisovna – D.ph in Chemistry, docent faculty of chemistry. Tula State Pedagogical University (L.N. Tolstoy). **Address**: 300026, Russia Federation Tula city, avenue Lenin, 125. **Phone**: **8-960-611-50-86. E-mail**: mama_67@mail.ru
Karimov Mahmadkul Boboevich – Dushanbe branch of the National research technological university, professor. Address: Republic of Tajikistan Dushanbe, st. Nazarshoev, 7. Phone: +**992 919 41 02 41**. E-mail: karimovm.b@mail.ru
Rajabov Sirojiddin Ikromovich – Tajik National University, Doctor of Chemical Sciences., Associate Professor, Head of the Organic Chemistry Department. **Address**: 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **Phone**: 904-60-04-60. **E-mail**: ikromovich80 @ mail.ru
Atroshenko Yury Michailovich – Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of Chemistry. Head Researcher Innovative Scientific Center “Science-Intensive and Chemical Biotechnologies”. Tula State Pedagogical University (L.N. Tolstoy). **Address**: 300026, Russia Federation Tula city, avenue Lenin, 125. **Phone**: +7 (4872) 35-78-08. **E-mail**: reaktiv@tspu.ru

УДК 543.425.3

СЕЛЕКТИВНЫЙ ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКИЙ СЕНСОР ПРИРОДНОГО ГАЗА

Абдурахманов Э., Норкулов У.М., Абдурахманов И.Э., Курбанова Д.А., Курбанова М.З.[1]

Самаркандский государственный университет Республики Узбекистан

[1] Таджикский национальный университет РеспубликиТаджикистан

Введение

Наиболее широкое применение при создании анализаторов и сигнализаторов CH_4 нашел термокаталитический метод. Принцип работы данного метода контроля заключается в беспламенном сжигании CH_4 на поверхности катализатора и измерении количества выделившегося при этом тепла [1,с.7]. Термокаталитический сенсор метана, состоит из двух чувствительных элементов. Чувствительные элементы в зависимости от назначения подразделяют на измерительный или рабочей и компенсационный или сравнительный. Оба чувствительных элемента находятся в реакционной камере. Сравнительный (R1) и измерительный (R2) элементы включают, как правило, в одно из плеч мостовой измерительной схемы [2,с.9; 3,с.11]. В другое плечо моста включают вспомогательные резисторы (R3 и R4). При выделении тепла, происходит изменение сопротивления R спирали на величину ΔR. Сопротивление спирали определяется по формуле:

$$R=R_0(1+\alpha\Delta T) \quad (1)$$

где R_0–сопротивление спирали при T=25°C; α–температурный коэффициент сопротивления платиновой проволоки, ΔT– изменение температуры спирали. Скоростьреакциинокислениянметана в кинетической области обычно представляют, как функцию объемно-молярных концентраций метана и кислорода:

$$W=kF_Эf(C_{CH4}C_{O2}) \quad (2)$$

где w-скорость реакции, моль/с;

k-константа скорости реакции, $с^{-1}$;

$F_э$ - активная поверхность катализатора, $м^2$.

Величина k не зависит от концентрации метана в воздухе и возрастает приповышении температуры.

Нижним концентрационным пределом взрывчатости метана (НПВ) обычно принято считать 5%, а верхним пределом взрывчатости (ВПВ)-16% [4,с.4].Взрыв максимальной силы соответствует стехиометрической концентрации метана 9,5%. Поэтому основной областью применения этого метода является контроль до взрывных концентраций метана и чаще всего в диапазоне 0 – 5 % об. CH_4. Выше приведенное обуславливает актуальность проведения исследований, направленных на повышение надежности контроля пожаро-взрывоопасности газовых смесей путем разработки селективных сенсоров горючих компонентов смеси газов.

Авторами [5, с.6; 6, с.5] был предложен способ обеспечения селективности термокаталитического определения, который основан на использовании термочувствительных элементов сенсора, содержащих катализаторы, обладающие различной (не одинаковой) активностью к компонентам газовой смеси. При этом выходной сигнал измерительного чувствительного элемента сенсора пропорционален суммарной концентрации смеси веществ (x_1, x_2 и x_3), а выходной сигнал сравнительного чувствительного элемента пропорционален концентрации смеси веществ (x_1 и x_2)-кроме определяемого компонента (x_3), причем разность сигналов первого и второго элементов пропорциональна концентрации определяемого компонента (x_3) в смеси.

Было установлено, что наиболее оптимальными для измерительного чувствительного элемента термокаталитического сенсора метана являются катализатор $0{,}75In_2O_3$-$0{,}25Ag_2O$. В качестве катализатора сравнительного элемента

целесообразно использование $0,25Fe_3O_4$-$0,75Ni_2O_3$.Данный состав обеспечивает высокую селективность окисления CO и H_2 в присутствии метана. Используя методику обеспечения селективности [7,с.; 11, с.3] с применением выше приведенных катализаторов, нами был изготовлен термокаталитический сенсор обеспечивающий селективное определения метана в присутствии оксида углерода и водорода. В результаты экспериментов по изучению зависимости величины сигнала сенсора от напряжения питания установлено, что наиболее высокий сигнал сенсора по метану и по природному газу наблюдается при напряжении питания от 2,6 до 3,0 В. Как при увеличении, так и при уменьшении значения питания наблюдается снижение сигнала сенсора по метану [9, с. 10].Выявлено, что у разработанного сенсора время начала реагирования ($t_{0,1}$) составляет 3-4 с, постоянное времени ($t_{0,63}$) не более 9 с, время установления показаний ($t_{0,9}$) 13 с. Установлено, что полное время выхода аналитического сигнала (tп) сенсора природного газа невелико и находится в пределах 17-18 с, что еще раз подтверждает возможность применения разработанных сенсоров для экспрессного контроля содержания природного газа в газо-воздушных смесях [10,с.6].Зависимость сигнала термокаталитического сенсора в изученном диапазоне концентраций метана и природного газа (от 0,1 до 5,0 % об.) имеет прямолинейный характер[11,с.5]. Метрологические характеристики и показатели метрологической обеспеченности традиционно являются объектом исследований и оптимизации при разработке средств измерений, в том числе и создании, и совершенствовании сенсоров для контроля метана[12-15].

Методика эксперимента и полученные результаты

В работе изучено селективность, стабильность и вариация сенсора, установлено диапазон измерений, предел основной абсолютной, относительной и приведенной погрешностей, выходного сигнала. Выявлено зависимость сигнала ТКС-CH_4 от температуры и влагосодержания анализируемой газовой смеси. Определено устойчивости сигнала к перегрузкам по концентрациям.

Эксперименты осуществляли следующим последовательности: через сенсор пропускали газовый смесь с известной концентрацией метана и фиксировали аналитический сигнал сенсора, затем пропускали исследуемую смесь и также фиксировали сигнал. Было изучено влияние водорода и оксида углерода, являющихся горячими компонентами различных промышленных и производственных газовых выбросов, а также атмосферного воздуха шахт и рудников. В экспериментах по определению селективностииспользовались следующие два вида сенсора:

ТКС-1 – сенсор содержащей катализатор на измерительном и компенсационном элементе, т.е. шарик из γ-Al_2O_3 пропитанный $0,75In_2O_3$-$0,25Ag_2O$ (измерительный элемент) и шарик из γ-Al_2O_3 пропитанный $0,25Fe_3O_4$-$0,75Ni_2O_3$(сравнительный элемент);

ТКС-2 - сенсор содержащей катализатор только на измерительном элементе, т.е. шарик из γ-Al_2O_3 пропитанный $0,75In_2O_3$-$0,25Ag_2O$ (измерительный элемент) и шарик только из γ-Al_2O_3 без катализатора (сравнительный элемент). Результаты изучения влияния не измеряемых компонентов анализируемой газовой смеси на значение выходного сигнала разработанных сенсоровпредставлены в таблице 1.

Как следует из результатов сравнительных экспериментов ТКС-1 практически не чувствует водород и оксид углерода в изученном диапазоне концентраций. Сигнал сенсора по метану при одинаковых концентрациях компонентов (1 %-ных смесях H_2, CO и CH_4) на 36,8 раза больше, чем сигнал по водороду и 159,3 раза больше чем оксида углероду. В отличие от ТКС-1 сенсор без катализатора компенсационного элемента ТКС-2 является высокочувствительным к H_2 и CO. Сигнал данного сенсора 1% ному H_2, CO и CH_4 соответственно равен 103,9 мВ, 29,1 мВ и 97,0 мВ (табл.1).

Таб. 1. Сигнал ТКС с катализатором и без катализатора компенсационного элемента (ККЭ): катализатор измерительного элемента: 0,75In_2O_3-0,25Ag_2O; катализатор компенсационного элемента: 0,25Fe_3O_4-0,75Ni_2O_3 (n=5, P=0,95)

Tab. 1. TCS signal with a catalyst and without a catalyst of a compensating element (KKE): catalyst of a measuring element: (CCE): catalyst of the measuring element: 0,75 In_2O_3-0,25Ag_2O; compensation element catalyst: 0,25Fe_3O_4-0,75Ni_2O_3 (n = 5, P = 0.95)

№ п/п	Содержание компонента в смеси, % об.	Сигнал сенсора, мВ			
		ТКС-1(с катализатором КПЭ)		ТКС-2(без катализатора КПЭ)	
		x ± Δx	$Sr \cdot 10^2$	x ± Δx	$Sr \cdot 10^2$
1	1,0 H_2	2,6±0,1	3,1	103,9±0,6	0,6
2	1,0 CO	0,6±0,1	1,3	29,1±0,2	0,6
3	1,0 CH_4	95,6±0,3	0,3	97,0±0,7	0,2
4	1,0CH_4+1,0 H_2	97,1±0,4	0,3	195,3±0,4	0,9
5	1,0CH_4+1,0 CO	96,9±0,3	0,2	115,4±1,3	1,1
6	1,0CH_4+1,0H_2+1,0CO	98,1±0,7	0,6	227,9±3,1	0,6

Следовательно, ТКС-2 (без катализатора КПЭ) имеет универсального характера. Сигнал данного сенсора при контроле состава атмосферного воздуха соответствуют суммарному сигналу всех горючих компонентов смеси газов. В отличие от ТКС-1 термокаталитический сенсор с катализатором компенсационного элемента характеризуется высокой селективностью. Данный сенсор обеспечивает селективность определения метана и природного газа в присутствии водорода и оксида углерода из состава атмосферного воздуха замкнутых экологических систем.

Одним из основных показателей любого сенсора является стабильность его сигнала во времени. Проверка стабильности работы сенсора во времени проводилась при нормальных условиях испытаний в течение 1000 часовой непрерывной работы. При этом установлено, что сигнал сенсора в течение регламентированного интервала временны, сохраняются стабильно (табл.2).

Таб. 2.Результаты изучения ресурса работы сенсора при определении метана (n=5, P=0,95)

Tab. 2. Resultsofstudyingtheservicelifeofthesensorwhendeterminingmethane (n = 5, P = 0.95)

№ п/п	Время, час	Сигнал сенсора, мВ					
		ТКС-1		ТКС-2		ТКС-3	
		x ± Δx	$Sr \cdot 10^2$	x ± Δx	$Sr \cdot 10^2$	x ± Δx	$Sr \cdot 10^2$
1	1	32,5±0,2	0,5	34,4±0,4	0,9	31,1±0,3	0,8
2	24	34,0±0,4	1,0	34,8±0,3	0,7	30,5±0,2	0,5
3	48	32,3±0,3	0,7	34,1±0,2	0,5	32,0±0,1	0,3
4	120	33,0±0,3	0,7	33,2±0,2	0,5	31,9±0,3	0,8
5	480	33,1±0,3	0,7	34,6±0,5	1,2	32,9±0,3	0,7
6	840	32,1±0,4	1,0	34,0±0,4	0,9	31,8±0,2	0,5
7	1000	31,5±0,3	0,7	35,3±0,3	0,7	32,9±0,1	0,3

Изменение значения выходного сигнала в течение регламентированного интервала времени оценивалось согласно ГОСТу 13320-81 максимальным расхождением сигнала сенсора:

$$\Delta t_q = (U_{max} - U_{min}) * 100/U_{шк} \quad (3),$$

где Δt_q - предел допускаемого изменения выходного сигнала за регламентированный интервал времени; U_{max} и U_{min} -максимальные расхождения сигнала; $U_{шк}$ - шкала прибора (КСП - 4 от 0 до 50 мВ).

Таб. 3. Результаты, полученные при определении максимального расхождения сенсора метана (n=5, P=0,95)

Tab. 3. Resultsobtainedwhendeterminingthemaximumdiscrepancyofthemethanesensor (n = 5, P = 0.95)

№ п/п	Сенсор	U,мВ	U,мВ	Δtg	Допуск по ГОСТу
1	ТКС-1	34,0	31,5	2,5	10
2	ТКС-2	35,3	33,2	2,1	10
3	ТКС-3	32,9	30,5	2,4	10

Результаты расчетов показывают, что значение Δt_q за регламентированный интервал времени равен 2,5%, что вполне удовлетворяло требованиям, предъявляемым к газоанализаторам согласно ГОСТу 13321-81. Таким образом, разработан высокочувствительный сенсор, который позволяет селективно определить метан и природный газа из смеси горючих веществ. Разработанный сенсорприменяется для измерения довзрывных концентраций природного газа в атмосферном воздухе.

Для аналитических приборов, как правило, нормируется интервальная характеристика погрешности в виде предела основной абсолютной (Δ_i), относительной (δ_i) или приведенной (γ_i) погрешностей.

Проверку диапазона измерений и основной погрешности проводили подачей на вход сенсора ГС в следующей последовательности № 1-3-5-5-1-5, где номер ГС соответствует содержанию измеряемого компонента (%): №1=10 ±5; №2=50±5; №3=95±5. Все расчеты проводились согласно ГОСТу 13320-81. Основная абсолютной (Δ_i) и приведенной (γ_i) погрешность сенсора определялась по формуле:

$$\Delta_i = C_п - C_т \ (4) \text{ и } \gamma_i = (C_п - C_т) / (C_к - C_н) \ (4),$$

где $C_п$ - показания прибора, %; $C_т$ - объемная доля метана в стандартной смеси, %, $C_к$ - $C_н$ начальный и конечный пределы измерения концентраций определяемых компонентов газовых сред, %. Результаты проверки диапазона измерений и основной погрешности газоанализатора с пределами измерений 0-5,0 % об. представлены в табл. 4.

Таб. 4. Результаты определения погрешности термокаталитического сенсора метана ТКС- CH_4

Tab.4. Theresultsofdeterminingtheerrorofthethermocatalyticsensorofmethane TKS- CH_4

Содерж. метана в смеси, % об.	ТКС- CH_4 0-5,0 % об.		
	Найдено CH_4 % об.	Осн.абс. погр.(Δ)	Основ. прив. погр.(γ)
0,51	0,52	0,01	0,2
2,55	2,51	0,04	0,8
4,74	4,81	0,07	1,4

Как следует из приведенных данных, в изученном интервале основная приведенная погрешность сенсора с диапазонам 0-5,0 % об., составила соответственно 0,2 - 1,4 %. Определение вариации показаний ТКС-CH_4 проводилось при нормальных условиях пропусканием через газоанализатор ГС с концентрацией метана, % об.: 1- 1,55; 2-2,67; 3-3,54; 4-4,81. Вариации показаний газоанализаторов определялись по формуле:

$$B = A_{max} - A_{min} \ (5),$$

где A_{max} (A_{min}) - показание (содержание компонента, определяемое по выходному сигналу) при подходе к точке проверки со стороны больших или меньших содержаний.

Результаты определение вариации показаний газоанализаторов приведены в таблице 5.

Таб. 5. Результаты определения вариации сенсора метана
Tab. 5.Resultsofdeterminingthevariationofthemethanesensor

Содержание метана в смеси, % об.	Найдено метана, % об.		Основ. абс. погрешность (Δ)	Осн. привед. погрешность (γ)	Вариация сигнала, %
	A_{max}	A_{min}			
1,55	1,59	1,52	0,04	0,8	0,07
2,67	2,71	2,62	0,05	1,0	0,09
3,54	3,60	3,51	0,06	1,2	0,09
4,81	4,85	4,78	0,04	0,8	0,07

Из экпериментальных данных (табл. 5) следует, что значение вариации показаний газоанализатора не превышает 0,5 долей основной приведенной погрешности на каждом из диапазонов измерения.

Проверку дополнительной погрешности ТКС-CH_4, обусловленной изменением температуры окружающей среды, осуществляли в диапазоне температур -10 - +50^{0}C. Влияние параметров газовой среды на дополнительную погрешность сенсора (%) для каждой точки определяли по формуле (6):

$$\gamma_{доп} = \gamma_t + \gamma_{нор} \quad (6),$$

где γ_t – погрешность, полученная при i-м значении температуры; $\gamma_{нор}$ - погрешность газоанализатора при нормальных условиях температуры (20±2 ^{0}C). Результаты определения дополнительной погрешности газоанализатора, обусловленной изменением температуры окружающей среды (0 - 50^{0}C) представлены в таблице 6, из которых следует, что она в интервале температур -10- +50^{0}C не превышает 3 % и меньше чем основная погрешность самого прибора по ГОСТу 13320-81.

Таб. 6. Результаты установления дополнительной погрешности сенсора в интервале температур от-10 до +40 ^{0}C (n=5, P=0,95)
Tab. 6. Resultsofestablishinganadditionalsensorerrorinthetemperaturerangefrom -10 to +40^{0}C (n = 5, P = 0.95)

Температура газов смеси,^{0}C	Найденное значение дополнительная погрешности			Дополнительная погрешность по ГОСТу
	C_{CH_4}=0,5%	C_{CH_4}=2,5%	C_{CH_4}=5,0%	
-10	0,4	3,0	2,0	5,0
0	0,2	2,0	2,0	5,0
+10	0,7	1,0	0,7	5,0
+20	0,6	0,3	2,0	5,0
+30	0,5	0,3	0,4	5,0
+40	0,2	0,3	0,7	5,0

Как следует из представленных данных выходной сигнал сенсора остается стабильным и позволяет непрерывно контролировать содержание метана даже в области отрицательных температур.

В результаты экспериментов установлено, что в интервале изменения давления от 600 до 800 мм рт. сигнал сенсора сохраняется стабильно. Значения погрешности анализатора за счет изменения влагосодержания анализируемой газовой смеси определяли, как разницу сигналов увлажнённой и неувлажнённой смеси анализируемого газа при нормальных условиях. Некоторые результаты испытаний сенсора CH_4 на в лага устойчивость представлены в таблице 7, из которых видно, что среднее значение изменения выходного сигнала не превышает 2,3 мВ. Проверка устойчивости сенсора к перегрузкам концентрации проводилась при содержании

метана в смеси 7,50 % об. В качестве контрольной смеси использовалась газовая смесь где содержание метана равно C_{CH4}=4,85 % об., при такой концентрации проводили сравнение выходного сигнала ТКС-СН4 до и после воздействия перегрузочной смеси. Время воздействия перегрузочной смеси-20 мин.

Таб. 7. Результаты по установлению зависимости сигнала сенсора метана (ТКС-CH_4) от изменения влагосодержания й газовой смеси (содержания метана в смеси 2,00 %; n=5, P=0,95)

Tab. 7. Results of establishing the dependence of the signal of the methane sensor (TKS-CH4) on the change in the moisture content of the gas mixture (the methane content in the mixture is 2.00%; n = 5, P = 0.95)

Сигнал сенсора (x ± Δx), мВ		Изменение выходного сигнала (Δ)
Сухая газовая смесь	Увлажненная газовая смесь	
126,4	123,8	2,6
127,7	124,8	3,1
126,3	124,9	1,4
Средн. 126,8	Средн. 124,5	Средн.2,3

Время восстановления нормальной работы сенсора определялось по его выходному сигналу в зону основной погрешности. Эксперименты показали, что разработанный сенсор метана в изученном интервале концентрации выдерживает перегрузки по концентрации (таблица 8).

Значение основной приведенной погрешности ТКС-СН4 при воздействии перегрузочной концентрации не превышает 2,24 %. Суммарная дополнительная погрешность, характеризующая совокупность значений погрешностей от влияния различных факторов, определялась по формуле:

$$\gamma_s = \sqrt{(\gamma_1^2 + \gamma_2^2 + \gamma_3^2 + \gamma_4^2 + \gamma_5^2 + \gamma_6^2 + ...)} \quad (7),$$

где γ_1^2, γ_2^2, и ... - значения дополнительных погрешностей, полученных при изменении влияющих факторов. Согласно ГОСТу 13320-81 предельно допустимые значения суммарной дополнительной погрешности не должны превышать удвоенного значения предела допустимой основной погрешности.

Таб. 8. Результаты проверки устойчивости сигнала к перегрузкам по концентрациям (диапазон измерения метана 0-5,0% об. C_{CH4}=4,85 % об.,n=5, P=0,95)

Tab. 8. Resultsofcheckingthestabilityofthesignaltooverloadsbyconcentration (measuring range of methane 0-5.0% vol. C_{CH4}=4,85 % vol., n = 5, P = 0.95)

Сигнал ТКС, мВ		Основная абсолют. погрешность, (Δ), мВ	Основная приведен погрешность, (γ),%
До воздействия перегрузки	После воздействия перегрузки		
312	305	7	2,24
310	307	3	0,97
311	308	3	0,96
312	306	6	1,92
314	308	6	1,91

Суммарная дополнительная погрешность термокаталитического сенсора ТКС-CH_4 составляла ±2,1 %. Проведенные исследования показали, что разработанный нами термокаталитический сенсор метана ТКС - CH_4 по метрологическим и некоторым другим характеристикам вполне удовлетворяет требованиям ГОСТа для данного класса приборов.

Заключение

С использованием разработанных катализаторов изготовлены селективные термокаталитические сенсоры природного газа. В широком интервале параметров изучено влияние различных параметров и установлено оптимальные условия обеспечивающие наиболее высокий сигнал ТКС. В ходе экспериментов для оценки селективности разработанного сенсора, были проведены исследования, заключающиеся в параллельном проведении анализов различных готовых смесей, содержащих водорода, оксида углерода и метана. Полученные экспериментальные результаты свидетельствуют о возможности использования $0.75In_2O_3$-0,25 Ag_2O и $0,25Fe_3O_4$-0,75 Ni_2O_3 в качестве катализатора измерительного и сравнительного чувствительного элемента при изготовлении селективного термокаталитического сенсора для определения природного газа в присутствии водорода и оксида углерода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпова Е.Е. Непрерывный контроль возможных утечек природного газа в жилых помещениях//Е.Е.Карпова, С.М.Миронов, А.А.Сучков, А.П.Карелин, Е.Ф. Карпов. Безопасность жизнедеятельности, №3,2014. –с.14-18.
1. 2.Рязанов А. В. Чувствительные элементы на основе литого микропровода/А. В. Рязанов, А. Н. Докичев // Датчики и системы. 2007. № 11. – С. 42-45.
2. Карпов Е.Ф. Природные опасности в шахтах. Способы их контроля и предотвращения/ Е.Ф.Карпов, Ф.С.Клебанов, А.Э.Петросян. – М.:Недра, 1981. - 471 с.
3. 4.Каймакова А.А. Взрывобезопасность рудничного электрооборудования/ А.А. Каймакова. – М.: Недра, 1994. – 207 с.
4. 5.Абдурахманов Э. Создание селективных термокаталитических сенсоров и их применение в мониторинге атмосферного воздуха / Э. Абдурахманов /Каталог рефератов и статей международного форума «Аналитика и Аналитики», Воронеж., 2003., т.1. - С.242.
5. 6.Абдурахманов Э. Сенсор для селективного мониторинга оксида углерода в воздухе и промышленных газообразных выбросах // Э.Абдурахманов. Журнал Аналитика и контроль (Россия), 2004 г. т.8, № 2. – С.165-169.
6. 7.Абдурахманов, Э. А. Селективные термокаталитические сенсоры в экологическом мониторинге газообразных выбросов // Э. А. Абдурахманов, Э.А. Рузиев. Химическая промышленность. 2003. Т. 80. № 9. – С. 44-49.
7. Эшкобилов Ш.А. Катализатор для селективного термокаталитического сенсора природного газа//. Ш.А.Эшкобилов, М.Э. Эшкобилова, Э.Абдурахманов. Журнал «Химическая промышленность» Россия, 2015. № 5. – С.261-264
8. 9.Эшкобилов Ш.А. Определение природного газа в атмосферном воздухе и технологических газах// Ш.А.Эшкобилов, М.Э. Эшкобилова, Э.Абдурахманов. Журнал «Экологические системы и приборы» Россия. - 2015.№ 9. С.11-149.
9. 10.Сиддикова Х.Г. Термокаталитический сенсор для селективного мониторинга природного газа// Х.Г.Сиддикова, М.Э.Эшкобилова, Э. Абдурахманов. International scientific conference Globalscience and innovations 2019: Central asia. Nur-Sultan, Kazakhstan, -2019. – С.235-238
10. 11.Эшкобилова М.Э. Исследование некоторых характеристик термокаталитического сенсора метана (природного газа)// М.Э.Эшкобилова, Х.Г.Сидикова, А.М. Насимов. XLVIII Международные научные чтения (памяти С.О. Костовича):Сборник статей Международной научно-практической конференции. Москва: Европийский фонд инновационного развития, 2019. – С.11-14
11. Алексейчиков В. Л. Термохимический газоанализатор.// В. Л. Алексейчиков. А. с. 1257493 Б.и. 1986. № 34. – С.76.
12. 13.Термокаталитический датчик пелестерного типа для определения концентрации метана.//Патент № 149257 ПНР.
13. Абдурахманов Б.М. Сенсор для экоаналитического мониторинга сероводорода в газовой среде // Б.М.Абдурахманов, Э.Абдурахманов, Э.А. Рузиев. Узб. хим. журнал. -Тошкент, 2004. - №2. – С. 63-67
14. Абдурахманов Э. Селективность некоторых оксидов и сульфидов в процессе термокаталитического мониторинга сероводорода // Э.Абдурахманов, Б.М.Абдурахманов, З.Н.Нормурадов, А.М.Геворгян. Журн. Химическая промышленность. Санкт-Петербург, Т.85. -№ 6, 2008.-С.314-319.

REFERENCES LITERATURE

1. Karpova E.E. Continuous monitoring of possible leaks of natural gas in residential premises // E.E. Karpova, S.M. Mironov, A.A. Suchkov, A.P. Karelin, E.F. Karpov. Life safety, No. 3,2014. –P. 14-18.
2. Ryazanov A.V. Sensitive elements based on cast microwire / A.V. V. Ryazanov, A. N. Dokichev // Sensors and Systems. 2007. No. 11. - P. 42-45.
3. Karpov E.F. Natural hazards in mines. Ways of their control and prevention / E.F. Karpov, F.S.Klebanov, A.E. Petrosyan. - M.: Nedra, 1981 .- 471 p.
1. 4.Kaymakova A.A. Explosion safety of mine electrical equipment / A.A. Kaimakov. - M .: Nedra, 1994 .-- 207 p.
4. Abdurakhmanov E. Creation of selective thermocatalytic sensors and their application in monitoring atmospheric air / E. Abdurakhmanov / Catalog of abstracts and articles of the international forum "Analytics and Analytics", Voronezh., 2003., v.1. - P.242.

2. 6.Abdurakhmanov E. Sensor for selective monitoring of carbon monoxide in air and industrial gaseous emissions // E. Abdurakhmanov. Journal Analytics and Control (Russia), 2004, vol. 8, No. 2. - P.165-169.
3. 7.Abdurakhmanov, E.A. Selective thermocatalytic sensors in environmental monitoring of gaseous emissions // E.A. Abdurakhmanov, E.A. Ruziev. Chemical industry. 2003. T. 80. No. 9. - P. 44-49.
4. 8.Eshkobilov Sh.A. Catalyst for a selective thermocatalytic natural gas sensor //. Sh.A. Eshkobilov, M.E. Eshkobilova, E. Abdurakhmanov. Journal "Chemical Industry" Russia, 2015. No. 5. - P.261-264/
5. 9.Eshkobilov Sh.A. Determination of natural gas in atmospheric air and process gases // Sh.A. Eshkobilov, M.E. Eshkobilova, E. Abdurakhmanov. Journal "Ecological systems and devices" Russia. -2015.No. 9. – P.11-149.
6. 10.Siddikova H.G. Thermocatalytic sensor for selective monitoring of natural gas // Kh.G. Siddikova, M.E. Eshkobilova, E. Abdurakhmanov. International scientific conference Globalscience and innovations 2019: Central asia. Nur-Sultan, Kazakhstan, -2019. - P.235-238
7. 11.Eshkobilova M.E. Investigation of some characteristics of a thermocatalytic sensor for methane (natural gas) // M.E. Eshkobilova, Kh.G. Sidikova, A.M. Nasimov. XLVIII International Scientific Readings (in memory of SO Kostovich): Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference. Moscow: European Fund for Innovative Development, 2019. - p. 11-14.
13. Alekseychikov V.L. Thermochemical gas analyzer.// V. L. Alekseychikov. A. s. 1257493 B.i. 1986. No. 34. - P.76.
14. Thermocatalytic sensor of the pelester type for determining the concentration of methane. // Patent No. 149257 PNR.
15. Abdurakhmanov B.M. Sensor for ecoanalytical monitoring of hydrogen sulfide in a gas environment // B.M. Abdurakhmanov, E. Abdurakhmanov, E.A. Ruziev. Uzbek. chem. magazine. -Toshkent, 2004. - No. 2. - P. 63-67
16. Abdurakhmanov E. Selectivity of some oxides and sulfides in the process of thermocatalytic monitoring of hydrogen sulfide // E. Abdurakhmanov, BM Abdurakhmanov, ZN Normuradov, AM Gevorgyan. Journal. Chemical industry. St. Petersburg, T. 85. -No. 6, 2008.-P.314-319.

СЕНСОРИ ТЕРМОКАТАЛИТИКИИ ГАЗИ ТАБИӢ

Дар мақола муайян карда шуд, ки катализатори оптималии элементҳои ченкунандаи ҳискунандаи сенсорҳои метании термокаталитикӣ $0.75In_2O_3$-$0.25Ag_2O$ мебошад. Ҳамчун ба сифати катализатори элементҳои муқоисавӣ истифода кардани $0.25Fe_3O_4$-$0.75Ni_2O_3$ мувофиқи мақсад аст. Ин таркиб интихоби баландро барои оксидшавии CO ва H_2 дар ҳузури метан таъмин менамояд. Дар натиҷаи татқиқотҳо оид ба омӯзиши вобастагии бузургии сигнали сенсор аз шиддати таъминот муайян карда шуд, ки баландтарин сигнали сенсор барои метан ва гази табиӣ дар шиддати таъминот аз 2,6 то 3,0 В мушоҳида мешавад. Ҳам бо афзоиш ва ҳам кам шудани қимати таъминот, коҳиши сигнали сенсор барои метан ба мушоҳида мерасад. Катализаторҳои таҳияшуда барои сохтани сенсорҳои интихобкунандаи термокаталитикии гази табиӣ истифода мешуданд. Таъсири шиддати барқ, селективнокӣ ва устувории кори сенсор дар доираи васеи параметрҳо омӯхташуд. Динамикӣ, калибровиченкунӣ ва дигар хусусиятҳои сенсор муқаррар карда шуданд. Тадқиқотҳо дар таҳлили параллелии омехтаҳои гуногун тайёре, ки дар таркибашон гидроген, оксиди карбон ва метан мавҷуданд, гузаронида шудаанд. Натиҷаҳоитаҷрибавиибадастомадаистифодаи $0.75In_2O_3$-$0.25Ag_2O$ ва $0.25Fe_3O_4$-$0.75\ Ni_2O_3$-ро ҳамчун катализатори ченкунанда ва элементи ҳассоси муқоисашаванда дар истеҳсоли сенсори интихобии термокаталитикӣ барои муайян кардани гази табиӣ дар иштироки гидроген ва оксиди карбон имконият медиҳанд.

Калидвоҷаҳо: Метан, гази табиӣ, сенсорӣ, субот, интихоб, усули термокаталитикӣ, хатои асосӣ ва камшумор, катализатор.

СЕЛЕКТИВНЫЙ ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКИЙ СЕНСОР ПРИРОДНОГО ГАЗА

Было установлено, что наиболее оптимальными для измерительного чувствительного элемента термокаталитического сенсора метана являются катализатор $0,75In_2O_3$-$0,25Ag_2O$. В качестве катализатора сравнительного элемента целесообразно использование $0,25Fe_3O_4$-$0,75Ni_2O_3$.Данный состав обеспечивает высокую селективность окисления CO и H_2 в присутствии метана. В результаты экспериментов по изучению зависимости величины сигнала сенсора от напряжения питания установлено, что наиболее высокий сигнал сенсора по метану и по природному газу наблюдается при напряжении питания от 2,6 до 3,0 В. Как при увеличении, так и при уменьшении значения питания наблюдается снижение сигнала сенсора по метану. С использованием разработанных катализаторов изготовлены селективные термокаталитические сенсоры природного газа. В широком интервале параметров изучено влияние напряжения питания, селективность и стабильность работы сенсора. Установлено динамические, градировочные и др. характеристики сенсора. Были проведены исследования, заключающиеся в параллельном проведении анализов различных готовых смесей, содержащих водорода, оксида углерода и метана. Полученные экспериментальные результаты свидетельствуют о возможности использования $0.75In_2O_3$-$0,25\ Ag_2O$ и $0,25Fe_3O_4$-$0,75\ Ni_2O_3$ в качестве катализатора измерительного и сравнительного чувствительного элемента при изготовлении селективного термокаталитического сенсора для определения природного газа в присутствии водорода и оксида углерода.

Ключевые слова. Метан, природный газ, сенсор, стабильность, селективность, термокаталитический метод, основной и приведенной погрешность, катализатор.

SELECTIVE THERMO-CATALYTIC NATURAL GAS SENSOR

It was found that the catalyst 0.75In2O3-0.25Ag2O is the most optimal for the measuring sensing element of a thermo catalytic methane sensor. It is expedient to use 0.25Fe3O4-0.75Ni2O3 as the comparative element catalyst. This composition provides high selectivity for the oxidation of CO and H2 in the presence of methane. In the results of experiments on studying the dependence of the sensor signal value on the supply voltage, it was found that the highest sensor signal for methane and for natural gas is observed at a supply voltage from 2.6 to 3.0 V. Both with an increase and a decrease in the decrease in the sensor signal for methane. Using the developed catalysts, selective thermo catalytic sensors of natural gas were manufactured. The influence of the supply voltage, the selectivity and stability of the sensor operation were studied in a wide range of parameters. The dynamic, calibration and other characteristics of the sensor have been established. Studies were carried out, consisting in the

parallel analysis of various ready-made mixtures containing hydrogen, carbon monoxide and methane. The obtained experimental results indicate the possibility of using 0.75In2O3-0.25 Ag2O and 0.25Fe3O4-0.75 Ni2O3 as a catalyst for a measuring and comparative sensitive element in the manufacture of a selective thermocatalytic sensor for the determination of natural gas in the presence of hydrogen and carbon monoxide.

Keywords: methane, natural gas, sensor, stability, selectivity, thermo catalytic method, basic and reduced error, catalyst.

Маълумот дар бораи муаллифон: ***Абдураҳмонов Эргашбой*** – Донишгоҳи давлатии Самарқанд, доктори химия, профессори кафедраи химияи аналитикӣ. Суроға: 140104, Ҷумҳурии Ӯзбекистон, Самарқанд, булвари Донишгоҳ, 15. Почтаи электронӣ: ergash50@yandex.ru

Абдурахманов Илхом Эргашбоевич – Донишгоҳи давлатии Самарқанд, доктори илмҳои фалсафа (PJd) дар соҳаи кимиё, устоди кафедраи кимиёи ғайриорганикӣ ва маводшиносӣ. Суроға: 140104, Ҷумҳурии Ӯзбекистон, Самарқанд, булвари Донишгоҳ, 15.

Норқулов Учқун Мунавварович – Донишгоҳи давлатии Самарқанд, номзади илмҳои кимиё, кафедраи химияи ғайриорганикӣ ва масолеҳшиносӣ. Суроға: 140104, Ҷумҳурии Ӯзбекистон, Самарқанд, булвари Донишгоҳ, 15 Тел.: (+998) 91-531-68-98.

Курбонова Дилором Асадовна – Донишгоҳи давлатии Самарқанд, ассистенти факултаи кимиёи кафедраи кимиёи ғайриорганикӣ ва маводшиносӣ. Суроға: 140104, Ҷумҳурии Ӯзбекистон, Самарқанд, Булвари Донишгоҳ, 15. Тел.: (+998) 97-914-00-46. **E-mail:**: dilorom.kubanova1965@mail.ru.

Курбонова Мукадас Завайдовна – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, н.и.т., мудири кафедраи методикаи таълими химия. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиё. Рудакӣ, 17.**Тел**.: (+992) 985 154 233. **E-mail:**: mukadas_qi75@mail.ru;

Сведения об авторах: ***Абдурахманов Эргашбой*** – Самаркандский государственный университет, доктор химических наук, профессор кафедры аналитической химии. **Адрес:** 140104, Республика Узбекистан, г.Самарканд, Университетский бульвар, 15. **E-mail:** ergash50@yandex.ru

Абдурахманов Илхом Эргашбоевич – Самаркандского государственного университета, доктор философии (PJd) по химическим наукам, преподаватель кафедры неорганической химии и материаловедение. **Адрес:** 140104, Республика Узбекистан, г.Самарканд, Университетский бульвар, 15.

Норкулов Учкун Мунавварович – Самаркандский государственный университет, к.х.н химического факультета кафедры неорганической химии и материаловедение. **Адрес:** 140104, Республика Узбекистан, г.Самарканд, Университетский бульвар, 15.**Тел.:** (+998) 91-531-68-98.

Курбанова Дилором Асадовна – Самаркандский государственный университет, ассистент химического факультета кафедры неорганической химии и материаловедение. **Адрес:** 140104, Республика Узбекистан, г.Самарканд, Университетский бульвар, 15. **E-mail:** dilorom.kubanova1965@mail.ru. **Тел.:** (+998) 97-914-00-46.

Курбонова Мукадас Завайдовна – Таджикский национальный университет,к.х.н, заведующая кафедрой Методика преподавании химии. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. **E-mail:** mukadas_qi75@mail.ru,**Тел.:** (+992) 985 154 233.

Information about the authors: ***Abdurakhmanov Ergashboy*** – Samarkand State University. Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of Analytical Chemistry. **Address:** 140104, Republic of Uzbekistan, Samarkand, University Boulevard, 15. **E-mail:** ergash50@yandex.ru

Abdurakhmanov Ilkhom Ergashboyevich – SamarkandStateUniversity, Doctor of Philosophy (Ph.D) in Chemical Sciences, Lecturerat the Department of Inorganic Chemistry and Materials Science. **Address:** 140104, Republic of Uzbekistan, Samarkand, University Boulevard, 15.

Norkulov Uchkun Munavvarovich – Samarkand State University, Candidate of Chemical Sciences, Department of Inorganic Chemistry and Materials Science. **Address**: 140104, Republic of Uzbekistan, Samarkand, University Boulevard, 15, **Phone:** (+998) 91-531-68-98.

Kurbanova Dilorom Asadovna – Samarkand State University, assistant of the Faculty of Chemistry, Department of Inorganic Chemistry and Materials Science. **Address:** 140104, Republic of Uzbekistan, Samarkand, University Boulevard, 15. **E-mail:** dilorom.kubanova1965@mail.ru. **Phone:** (+998) 97-914-00-46.

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.

УДК:577.152.6

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПРОИЗВОДНЫХ БУТИЛТИОАМИНОПРОПАНОЛА-2

Расулов С.А., Ёров М.Ё., Кимсанов А.Б., Рузиев Б.Т.
Таджикский национальный университет

Для создания новых эффективных лекарственных средств, экологических безопасных регуляторов роста растений и других биологически активных соединений большое значение приобретают органические соединения [1-2].

Перспективу имеет использование синтетических возможностей производных пропанола-2 для создания новых фармацевтических препаратов. Из числа функциональных производных пропанола-2 особый интерес для синтеза лекарственных средств представляют эфироаманы пропанола-2 сочетающие в молекуле простую или сложную эфирную связь, остатки аминов разветвленного строение и β-гидроксопропильную группу общей формулы: $ROCH_2CH(OH)CH_2NR^1R^2$ где, RO – остатки алифатических, циклических, ароматических спиртов; NR^1R^2 – остатки аминов алифатического, гетероциклического рядов [3-4].

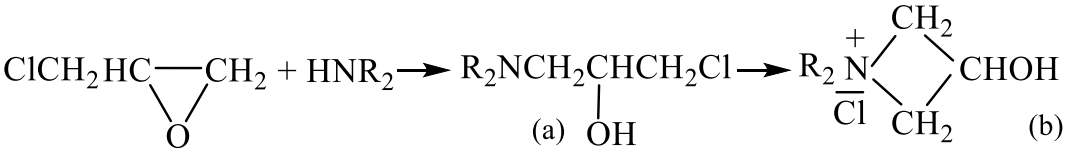
Биологическая активность этих соединений обусловлена наличием в их молекулах сочетания β-гидроксопропильной, алкокси(арилокси)-групп и аминов разветвленного и циклического строения. Кроме того, они находятся в функциональной близости к таким известным биологически активным веществам, как адреналин, дофамин, норадреналин, эфедрин и
т. д. [5-6].

С таким строением функциональных групп в настоящее время известен ряд оригинальных и высокоэффективных лекарственных препаратов, которые нашли применение в клинической медицине. К их числу относятся: анаприлин, оксипренолол, таминалол, бензодиксин, пиндалол, тималол, и др. используемые при лечении сердечной аритмии, стенокардии, гипертонии, внутриглазного давления, сахарного диабета и т. д. [7-8].

Для выполнения настоящего исследования наше внимание привлекла малоизученная реакция конденсация 2-хлорметилоксирана со вторичными аминами [9-10].

Известно, что этот процесс приводит к получению 1-хлор-3- диалкиламино-2-пропанола с выходом 55% (а), 2-диалкиламинометилоксирана (6-8%) (б), соответствующего 1,3-диамино-2-пропанола (1-2%) (в).

При стоянии продукт (а) легко перегруппировывается в циклическое соединение – производное четвертичного аммониевого основания (b) по

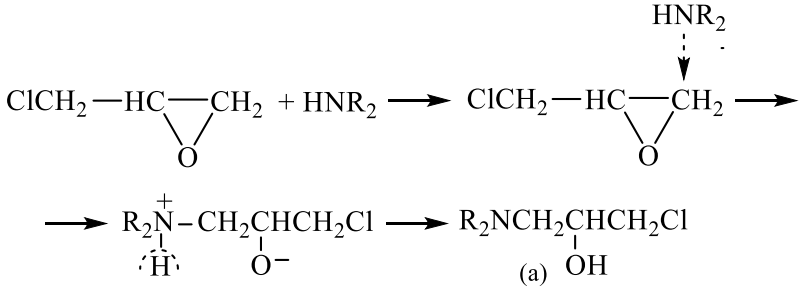


схеме

Проведенными нами исследованиями показано, что при взаимодействии 2-хлорметилоксирана с диэтиламином, морфолином, пиперидином, бензтриазолом и 3,6-диоксипиридазином наблюдается образование соответствующего 1-хлор-3-амино-2-пропанола с выходами 56,2; 62,7; 67,4%; 86,7% и 72,6% соответственно.

Такой выход продукта реакции можно объяснить относительной основностью исходных аминов [11]. Из числа использованных нами аминов пиперидин является самым сильным основанием (pK_a=11,2) и поэтому в случае его применения достигается наиболее высокий выход продукта реакции.

Механизм данного превращения можно представить следующим образом:



Процесс протекает по механизму нуклеофильного присоединения вторичного амина к крайнему углеродному атому оксиранового цикла 2-хлорметилоксирана, у которого наблюдается больший дефицит электронной плотности по сравнению с соседним атомом углерода.

Такое распределение электронной плотности в молекуле 2-хлорметилоксирана и раскрытие его кольца в присутствии оснований дает возможность образования продукта реакции в соответствии с правилом Красуского, т.е. возникновение гидроксильной группы наблюдается у вторичного углеродного атома исходного оксирана.

Проведенными экспериментальными исследованиями нами подтвержден факт самопроизвольного превращения соединения (a) при хранении в бесцветный кристаллический продукт (b).

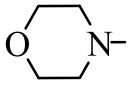
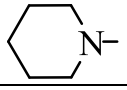
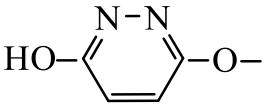
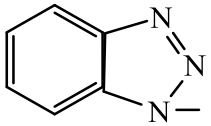
Однако, при этом наряду с продуктом раскрытия оксиранового кольца (a), наблюдается образование значительного количества (30-40%) смеси смолообразных неперегонящихся веществ неизвестного строения.

При использовании в качестве аминного компонента бензтриазола и 3,6-дигидросопиридазина конденсации их с 2-хлорметилоксираном нами впервые был получен и охарактеризован 1-хлор-3-(пиридазино-6-гидроксо)-2-пропанол и 1-хлор-3-бензтриазолил-2-пропанол. Последний собой представляет маслообразный продукт густой консистенции, не перегоняющийся в вакууме и медленно кристаллизующийся при охлаждении ($T_{пл.}$18-19°C) выход 86% от теории.

В ИК спектрах синтезированных соединений обнаружены полосы поглашения основных функциональных групп, характеризующих данные вещества (таблица 1).

Таблица 1. Характеристические полосы поглащения в ИК спектрах 1-хлор-3-диалкиламино-2-пропанолов (см$^{-1}$) (1-5)

Table 1. Characteristic absorption bands in IR spectra of 1-chloro-3-dialkylamino-2-propanols (см$^{-1}$) (1-5)

Номера соединений	R	-Cl	C-N	-OH	C_6H_6
1	$(C_2H_5)_2N$-	720	1130	3400	-
2		710	1135	3400	-
3		730	1140	3405	-
4		715	1240	3415	-
5		725	1130	3410	1590

Таким образом, в результате проведения этих исследований синтезирован и охарактеризован ряд 1-хлор-3-диалкиламино-2-пропанолов (1-5) с радикалами C_2H_5, морфолил, пепиридил, оксопиридазинил и бензтриазолил. Причем соединения 2-5 являются не описанными в литературе. Важнейшие физико-химические константы их приведены в таблице 2.

Таблица 2. Физико-химические константы 1-хлор-3-амино-2-пропанолов
Table 2. Physicochemical constants of 1-chloro-3-amino-2-propanols

№	Название соединения	Общая формула	Выход, %	Т кип. °С/ мм.рт.ст.	n_D^{20}	ρ_4^{20}	N %	
							найд.	выч.
1	1-Хлор-3-диэтиламино-2-пропанол	$C_7H_{16}NClO$	56,2	91-93/5	1,4640	1,0366	8,25	8,46
2	1-Хлор-3-морфолино-2-пропанол	$C_7H_{14}NClO_2$	62,7	76-78/2	1,4775	1,1503	7,52	7,80
3	1-Хлор-3-пиперидино-2-пропанол	$C_8H_{16}NClO$	67,4	81-83/2	1,4735	1,0362	7,61	7,89
4	1-хлор-3-(пиридазино-6-гидроксо)-2-пропанол	$C_7H_9N_2ClO_3$	72,6	104-106/2	1,4854	1,2432	13,43	13,69
5	1-Хлор-3-бензтриазоло-2-пропанол	$C_9H_{10}ClN_3O$	86,7	18-19*	-	-	19,34	19,86

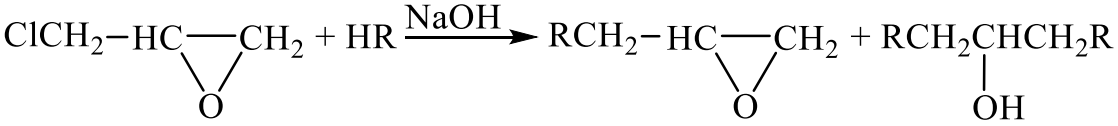
Для синтеза несимметричных 1,3-диамино-2-пропанолов, аминопроизводных тиирана, эфироаминов 1,2-пропандиолат широко используются 2-аминометилоксираны. Существующие многочисленные методы синтеза аналогичных соединений, изложены преимущественно в патентной литературе [12].

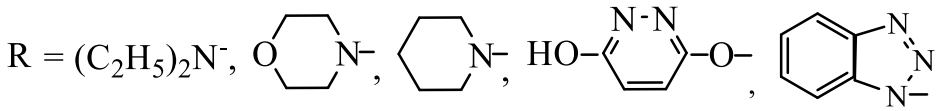
В настоящее время эти вещества получают, основном, с использованием способа, описанного Гильманом с сотрудниками.

Этот способ основан на взаимодействии 2-хлорметилоксирана с диэтиламином в присутствии каталитических количеств воды при температуре 28-30°С и последующей обработкой реакционной смеси водным раствором щелочи.

Нами осуществлен синтез 2-диалкиламинооксиранов с использованием выше приведенной методики. В качестве вторичных аминов были введены в реакцию диэтиламин, морфолин, пиперидин, 3,6-диоксопридазин и бензтриазол.

Процесс осуществляется согласно следующей схеме:





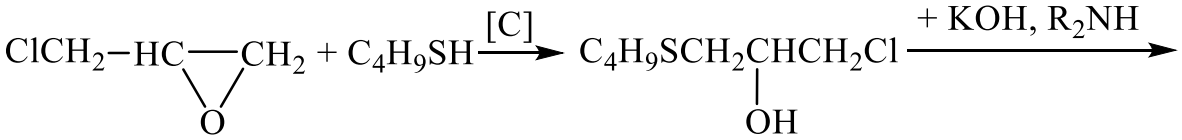
При исследовании этого процесса согласно описания нами показано, что при температуре 28-30°С в случае использования морфолина и пиперидина наблюдается преимущественное образование соответствующего симметричного 1,3-диамино-2-пропанола (50-60%), а выход целевого производного аминооксирана не превышает 10-15%. Далее нами выявлено, что проведение этого синтеза в интервале температур 10-15°С приводит к существенному повышению выхода 2-диалкиламинометилоксирана (65-70%), а в случае использования диэтиламина выход этого продукта достигает 70%. При этом наблюдается существенное снижение выхода симметричного 1,3-диамино-2-пропанола (15-20%).

Полученные 2-диалкиламинооксираны представляют собой бесцветные подвижные жидкости со специфическим запахом, нерастворимые в воде, но хорошо растворимые в эфире, ацетоне, спирте, диоксане, ТГФ (тетрагидрофуран) и т.д.

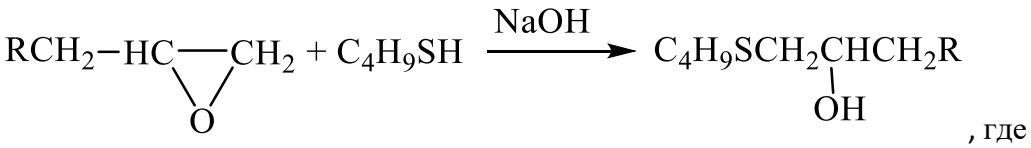
Синтезированные 2-диалкиламинометилоксираны в последующем были использованы для получения 1-бутилтио-3диалкиламино-2-пропанолов.

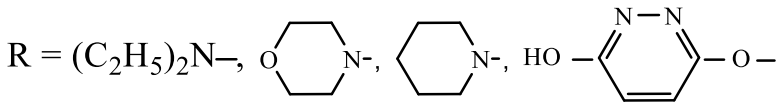
Функциональные производные 2-пропанола, содержащие одновременно остатки тиолов и различных аминов, имеют большое синтетическое значение для получения новых классов органических соединений, обладающих различными полезными свойствами.

Известно метод получения аналогичных соединений путём конденсации 1-хлор-3-алкилтио-2-пропанолов с различными аминами при температуре 115-120 °С.



Выход конечного продукта при этом составляет 65-70 %. Нами проведены исследования по изучению возможности получения таких соединений на основе реакции взаимодействия
2-диалкиламинометилоксиранов с бутантиолом в присутствии щелочи по схеме:





Исходя из общепринятых представлений, механизм данного процесса объясняется предварительным переходом бутанола под действием щелочи в более сильную нуклеофильную частицу – тиолят анион (RS). Последний атакует крайний углеродный атом оксиранового кольца и при этом происходит его раскрытие с образованием 1-бутилтио-3-диалкиламино-2-пропанолов. Нами установлено, что применение щелочи в качестве катализатора даёт возможность значительного снижения температуры процесса и позволяет проводить синтез при интервале 55-60°С. Это приводит к некоторому

повышению выхода целевого продукта (на 10-15 %) по сравнению с известной методикой получения таких соединений [13].

Полученные таким образом 1-бутилтио-3-диалкиламино-2-пропанолы представляют собой бесцветные жидкости с неприятным запахом растворимые в эфире, спирте, ацетоне и плохо растворимые в воде. Состав, структура и чистота этих продуктов подтверждались с использованием элементного анализа, молекулярной рефракцией, ИК-спектроскопии, ТСХ и ГЖХ.

В ИК-спектрах 1-диэтиламино-3-бутилтио-2-пропанол обнаружено наличие полос поглощения характеризующих следующие группы:

$\nu_{см}^{-1}$: 3400 (валентные колебания ОН-групп), 2950; 2855 (колебания –CH_2 –группы), 1465-1445 (деформ. колеб. – CH_2 – и CH_3 – групп) 1070 (валентные колебания -C-N= - группы), 780 (валентные колебания –C-S-групп) [14].

Данные ГЖХ 1-бутилтио-3-диалкиламино-2-пропанола показывают, что наличие примесей в этом соединении не превышает 2 %.

Таблица 3. Важнейшие физико-химические константы 1-диалкиламино-3-бутилтио-2-пропанолов $C_4H_9SCH_2CH(OH)CH_2NR_2$

Table 3. The most important physicochemical constants of 1-dialkylamino-3-butylthio-2-propanols $C_4H_9SCH_2CH(OH)CH_2NR_2$

№	Название соединения	Общая формула	Выход, %	Т кип. °С/ мм.рт.ст.	n_D^{20}	ρ_4^{20}	N %	
							найд.	выч.
1	1-Диэтиламино-3-бутилтио-2-пропанол	$C_{11}H_{25}NOS$	72,3	115-20/1	1,4808	0,9459	65,86	66,43
2	1-Морфолино-3-бутилтио-2-пропанол	$C_{11}H_{25}NO_2S$	63,4	140-42/1	1,5015	1,0464	65-66	65,91
3	1-Пиперидино-3-бутилтио-2-пропанол	$C_{12}H_{25}NOS$	84,5	130-31/1	1,4990	0,9827	69,02	68,81

С целью выявления фармакологической активности некоторых из синтезированных нами соединений испытаниям были подвергнуты 3 производных 2-пропанола, данные которых приведены в таблице 4.

Испытуемые вещества вводили внутривенно, в виде 1-5%-ных растворов в воде или твине-80.

Общее действие и токсичность изучались в острых опытах на белых мышах массой 16-24 г при внутрибрюшинном введении. Вещества вводилось из расчета от 100 до 2000 мг/кг (интервал между дозами 25-100 мг/кг).

После введения препаратов наблюдается угнетение, шаткая походка, вздрагивание, судороги, урежение дыхания. Мышечный тонус сохраняется. Найдено, что LD_{50} этих препаратов находится в пределах 125-1873 мг/кг.

На основании этих данных можно судить о том, что все исследованные вещества являются малотоксичными.

Изучалось также влияние этих соединений на сердечно-сосудистую систему в острых опытах на наркотизированных кошках. Препараты вводили внутривенно в дозах 1-2-5-10-25 мг/кг. При этом выявлено, что препараты Р-1 и Р-2 обладают выраженным гипотензивным действием.

Таблица 4. Данные фармакологической активности производных 2-пропанола

Table 4. Data of the pharmacological activity of 2-propanol derivatives

№	Название веществ и	Доза	LD_{50} мг/кг	Максимальное	Продолжительность

	их шифр	мг/кг		снижение (АД) в мм. рт. ст.	мин.
1	1-н Бутилтио-3-пиперидино-2-пропанол, Р-1	2 5	141,7 ± 22,99	40 50	60 180
2	1-н Бутилтио-3-морфолино-2-пропанол, Р-2	5 20	141,7 ± 10,83	10-15 40	5 70
3	1-н Бутилтио-3-диэтиламино-2-попанол, Р-3	5	166,7 ± 9,99	-	-

А остальные испытанные вещества не оказывают заметное влияние на артериальное давление.

Препараты Р-1 и Р-2 обладают наиболее сильным гипотензивным эффектом. Продолжительность такого эффекта в случае Р-1 достигает 3 часа.

Влияние этих препаратов на гладкую мускулатуру изучалось на изолированном тонком кишечнике крысы. О спазмолитической активности судили по способности испытуемых препаратов уменьшать или полностью снимать спазм, вызванной хлоридом бария. Все записи регистрировали на закопченной ленте кимографа.

Испытаниями показано, что препараты Р-2 и Р-3 в концентрациях 10^{-4} снимают спазмы, вызванные хлоридом бария. Эти данные показывают, что изученные препараты обладают спазмолитическим действием. Из испытанных производных 2-пропанола препарат Р-2 одновременно обладает гипотензивным и спазмолитическим действием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кимсанов, Б.Х. Биологически активные производные глицерина. /Б.Х. Кимсанов, Д.Л. Рахманкулов, Р.Р. Чарнышев, К.Х., Хайдаров, С.А. Расулов //. Москва «Химия» 2003. - 96 с.
2. Зевацкий, Ю.Э. Некоторые современные методы оценки реакционной способности органических соединений. /Ю.Э. Зевацкий, Д.В. Самойлов// Журнал органической химии-2007. Т. 43. Вып 4. С.487.
3. Кимсанов, Б.Х. Органический синтез на основе глицерина. /Б.Х. Кимсанов, М.Б. Каримов // - Душанбе: Маориф, 1998. - 204 с.
4. Месропян Э.Г. Синтезы на базе N-(оксиран-2-илметил)-N-анилина. /Э.Г. Месропиян, А.С. Галстян, А.А. Аветисян// Журнал органической химии - 2007. -Т.43.Вып-8. – С.1185.
5. Гауптман З. Органическая химия// З.Гауптман, Ю.Грефе, Х.Ремане. – М.: Химия, 1979. – 832 с.
6. А.с 1281474 СССР, М. Кл³ С. 07С93/187 А 61 31/32. 1,3-Ди(аллилокси)-2-этоксипропан, проявляющий гипотезивную и желчегонную активность / Б.Х. Кимсанов, С.А. Расулов, К.Х. Хайдаров, Л.Д. Лебедева, М.Б. Исмоилова, С.В. Самолюк (СССР)-N344746/23-04. Заявл. 10.11.84. не подл. в откр. печати.
7. А.с 1212000 СССР, М. Кл³ с 07 0295 А 61 К 32/34. I-Пропокси-3-бензилокси-2-цианэтоксипропан, проявляющий гипотезивную и желчегонную активность /Б.Х.Кимсанов, С.С. Собиров, А. Абдиразаков, К.Х. Хайдаров, Л.Д. Лебедева, М.Б. Исмоилова, С.А. Расулов// (СССР) - № 3945461/31-04. Заявлено 20.11.83. Не под. Опубл. в откр. печати.
8. Машковский М.Д. Лекарственные средства// М.Д.Машковский. – Ч. 1. – М.: Медицина, 2002. – 623 с.
9. Пакен А.М. Эпоксидные соединения и эпоксидные смолы// А.М. Пакен. – Л.: Госхимиздат, 1962. – 963.
10. Action des amines secondaries sur epichlorohydrin. /R. Rothstein, K.Binovick// J. Compt. Rend. – 1953. – V. 236. – P. 1050-1052.
11. Иванский В.И. Химия гетероциклических соединений// В.И. Иванский. – М.: Высшая школа, 1978. – 560 с.
12. Sammes P.G., Smits S. Preparation of azetidines from 1,3-aminopropanols /J. Chem. Soc. Perkin Trang. – 1984. – Pt. 1, N 10. – P. 2415 – 2419.
13. А.с. 1416490 СССР, М. Кл3 с 07 Д 331/02// А 61 К 31/38. Способ получения 2-диэтиламинометилтиирана / Б.Х. Кимсанов, С.А. Расулов, З.Б. Бурибаева (СССР) - № 4166477/31-04. Заявлено 22.12.86. Бюл. № 30.
14. Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул// Л.Беллами. – М.: ИЛ,1963. –592 с.

REFERENCES LITERATURE

1. Kimsanov, B.Kh. Biologically active derivatives of glycerin. / B.H. Kimsanov, D.L. Rakhmankulov, R.R. Charnyshev, K.Kh., Khaidarov, S.A. Rasulov // - M.: "Chemistry", 2003. - 96 p.
2. Zevatsky, Yu.E. Some modern methods for assessing the reactivity of organic compounds / Yu.E. Zevatsky, D.V. Samoilov // Journal of Organic Chemistry-2007. Vol. 43. Issue 4.P.487.
3. Kimsanov, B.Kh. Organic synthesis based on glycerin. / B.H. Kimsanov, M.B. Karimov // - Dushanbe: Maorif, 1998 .- 204 p.
4. Mesropyan E.G. Syntheses based on N- (oxiran-2-ylmethyl) -N-aniline. /E.G. Mesropian, A.S. Galstyan, A.A. Avetisyan // Journal of Organic Chemistry - 2007. -T.43. Issue-8. - P. 1185.
5. Hauptmann Z. Organic chemistry // Z. Hauptmann, J. Grefe, H. Remane. - M .: Chemistry, 1979 .- 832 p.

6. 6.A.S. 1281474 USSR, M. Кл3 C. 07C93/187 A 61 31/32. 1,3-Di (allyloxy) -2-ethoxypropane showing hypothetical and choleretic activity / B.Kh. Kimsanov, S.A. Rasulov, K.Kh. Khaidarov, L. D. Lebedeva, M.B. Ismoilova, S.V. Samolyuk (USSR) -N344746 / 23-04. Appl. 11/10/84. not mean in open print.
7. 7.A.S. 1212000 USSR, M. Кл3 c 07 0295 A 61 K 32/34. I-Propoxy-3-benzyloxy-2-cyanoethoxypropane exhibiting hypothetical and choleretic activity / B.Kh. Kimsanov, S.S. Sobirov, A. Abdirazakov, K.Kh. Khaidarov, L. D. Lebedeva, M.B. Ismoilova, S.A. Rasulov // (USSR) - No. 3945461 / 31-04. Stated 11/20/83. Not under. Publ. in open print.
8. Mashkovsky M.D. Medicines // M.D. Mashkovsky. - Part 1. - M.: Medicine, 2002 . – 623 p.
9. Paken A.M. Epoxy compounds and epoxy resins // A.M. Paken. - L .: Goskhimizdat, 1962. – 963 p.
10. Action des amines secondaries sur epichlorohydrin. / R. Rothstein, K. Binovick // J. Compt. Rend. - 1953. - V. 236. - P. 1050-1052.
11. Ivansky V.I. Chemistry of heterocyclic compounds // V.I. Ivansky. - M .: Higher school, 1978 .- 560 p.
12. Sammes P.G., Smits S. Preparation of azetidines from 1,3-aminopropanols / J. Chem. Soc. Perkin Trang. - 1984. - Pt. 1, No. 10. - P. 2415 - 2419.
13. 13.A.S. 1416490 USSR, M. Cl3 with 07 D 331/02 // A 61 K 31/38. Method of obtaining 2-diethylaminomethylthirane / B.Kh. Kimsanov, S.A. Rasulov, Z.B. Buribayev (USSR) - No. 4166477 / 31-04. Stated 12.22.86. Bul. No. 30.
14. Bellamy L. Infrared spectra of complex molecules // L. Bellamy. - M .: IL, 1963. –592 p.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПРОИЗВОДНЫХ БУТИЛТИОАМИНОВПРОПАНОЛА-2

Рассмотрены способы синтеза производных 2-пропанола на основе 2-хлорметилоксирана и аминов (диэтиламин, морфолин, пиперидин, 3,6-дигидроксопиридазина) и бензтриазола. Синтезированные вещества с помощью 40%-ного раствора гидроксида натрия превращено в производных аминооксиранов. Установлено, что выход аминооксиранов зависит от основностью исходных аминов. Исследовано реакция взаимодействии 2-метиламинооксиранов с бутилтиолом в присутствии щелочи. Применение щелочи в качестве катализатора дает возможность значительного снижения температуры процесса и позволяет проводить синтез при интервале 55 – 60 ^{0}C. С целью выявления фармакологической активности некоторых из синтезированных нами соединений испытаниям были подвергнуты 3 производных 2-пропанола. Изучено общее действие и токсичность полученных веществ на белых мышах. Исследовано влияние синтезированных препаратов на сердечно-сосудистую систему в острых опытах на наркотизированных кошках. Установлено, что 1-н-бутилтио-3-морфолино-2-пропанол (I) и 1-н-бутилтио-3-пиперидино-2-пропанол (II) обладают наиболее сильным гипотензивным эффектом. Продолжительность таково эффекта в случае (II) достигает 3 часа. Выявлено, что синтезированные производные 2-пропанола не обладают желчегонным действием.

Ключевые слова: органических соединений, реагент, реакции, конденсации 2-хлорметилоксиран, диэтиламин, морфолин, пиперидин, бензтриазол, 3,6-дигидроксипиридазин, эпихлоргидрин, изопропанол, эфир, 2-пропанолов, бутантиол, лекарственных средств, 2-хлорметилоксиран.

СИНТЕЗ ВА ОМӮЗИШИ ХОСИЯТҲОИ ХОСИЛАҲОИ БУТИЛТИОАМИНОПРОПАНОЛ-2

Дар мақола усулҳои синтези ҳосилаҳои 2-пропанол дар асоси 2-хлорметилоксиран ва аминҳо (диэтиламин, морфолин, пиперидин, 3,6-дигидроксопиридазин ва бензтриазол) омӯхта шуданд. Бо ёрии маҳлули 40%-аи ҳидроксиди натрий моддаҳои синтезшударо ба ҳосилаҳои аминооксиран табдил додаем. Муайян карда шудааст, ки баромади маҳсулот аз қувваи асоснокии аминҳои аввала вобаста мебошад. Реаксияи баҳамтаъсирии бутилтиол ва 2-метиламинооксиранҳо дар иштироки ишқор таҳқиқ шудааст. Истифодаи ишқор ба сифати катализатор имконият медиҳад, ки ҳарорати равандро паст гардонеем ва онро дар ҳудуди 55 – 60 ^{0}C ба амал орем. Бо мақсаади муайян намудани фаъолияти фармакологии моддаҳои синтезшуда хосияти 3-тои онҳоро таҳқиқ кардем. Таъсири умумӣ ва захрнокии моддаҳои ҳосилшуда ба мушҳои сафед омӯхта шудааст. Таъсири доруҳои синтезшуда ба системаи дилу рагҳо дар таҷрибаҳои шадид ба гурбаҳои беҳушшуда омӯхта шуд. Муайян кардашуд, ки 1-н-бутилтио-3-морфолино-2-пропанол (I) ва 1-н-бутилтио-3-пиперидино-2-пропанол (II) самараи гипотензивии қавитар доранд. Давомнокии чунин самара дар мавриди (II) 3 соатро ташкил медиҳад. Муайян гардид, ки ҳосилаҳои 2-пропанол таъсири талхабаторӣ надоранд.

Калидвожаҳо: пайвастаҳои органикӣ, реагент, реаксия, конденсатсия, 2-хлорметилоксиран, диэтиламин, морфолин, пиперидин, бензтриазол, 3,6-дигидроксипиридазин, эпихлоргидрин, изопропанол, эфир, 2-пропанолов, бутантиол, доруворӣ, 2-хлорметилоксирана.

SYNTHESIS AND STUDY OF PROPERTIES OF DERIVATIVES ALCOXYAMINES PROPANOL-2

Methods for the synthesis of 2-propanol derivatives based on 2-chloromethyloxirane and amines (diethylamine, morpholine, piperidine, 3,6-dihydroxopyridazine and benztriazole) are considered**.** The synthesized substances were converted into derivatives of aminooxiranes using 40% sodium hydroxide solution. It was found that the yield of aminooxiranes depends on the basicity of the starting amines. The reaction of interaction of 2-methylaminooxiranes with butylthiol in the presence of alkali was studied. The use of alkali as a catalyst makes it possible to significantly reduce the temperature of the process and allows the synthesis to be carried out in the range of 55 - 60 ^{0}C. The general effect and toxicity of the obtained substances were studied on white mice. The effect of the synthesized drugs on the cardiovascular system in acute experiments on anesthetized cats was studied. It has been established that 1-n-butylthio-3-morpholino-2-propanol (I) and 1-n-butylthio-3-piperidino-2-propanol (II) have the strongest hypotensive effect. The duration of such an effect in case (II) reaches 3 hours. It was revealed that the synthesized derivatives of 2-propanol do not have a choleretic effect.

Keywords: organic compounds, reagent, reactions, condensation of 2-chloromethyloxirane, diethylamine, morpholine, piperidine, benztriazole, 3,6-dihydroxypyridazine, epichlorohydrin, isopropanol, ether, 2-propanols, butanethiol, drugs, 2-chloromethyloxyrane.

Маълумот дар бораи муаллифон: ***Расулов Солеҳ Атаевич*** – Донишгоҳи Миллии Тоҷикистон, номзади илмҳои химия, дотсенти кафедраи методика, муаллими химия. Суроға: 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. Тел.: (+992) 555555223. E-mail: soleh_rasulov@mail.ru
Ёров Муродбег Ёрович – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, ассистенти кафедраи методика, муаллими химия. Суроға: 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. Телефон. (+992) 935696699. E-mail:: yorov89@list.ru
Кимсанов Абдугафур Буриевич – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, номзади илмҳои биологӣ, муаллими калони кафедраи ташхиси функсионалӣ ва лабораторияи клиникӣ. Суроға: 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. Тел.: (+992) 939268800
Рӯзиев Бегалӣ Темирович – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, ассистенти кафедраи истеҳсоли кимиё. Суроға: 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. Тел.: (+992) 919393956. E-mail:: ruziev_7474@mail.ru

Сведения об авторах: ***Расулов Салех Аттаевич*** – Таджикский национальный университет, к.х.н, доцент кафедры методика преподаватель химии. **Адрес**: 734025, Республики Таджикистан, г. Душанбе проспект Рудаки 17. **Телефон.** (+992) 555555223. E-mail: soleh_rasulov@mail.ru
Ёров Муродбег Ёрович – Таджикский национальный Университет, ассистент кафедры методика преподаватель химии. **Адрес**: 734025, Республики Таджикистан, г. Душанбе проспект Рудаки 17. **Телефон.** (+992) 935696699. E-mail: yorov89@list.ru
Кимсанов Абдугафур Буриевич – Таджикский национальный университет, к.б.н, старший преподаватель кафедры функциональной диагностики и клиническая лаборатория. **Адрес**: 734025, Республики Таджикистан, г. Душанбе проспект Рудаки 17. **Телефон.** (+992) 939268800.
Рузиев Бегали Темирович – Таджикиский национальный Университет, ассистент кафедры химический производства. **Адрес**: 734025, Республики Таджикистан, г. Душанбе проспект Рудаки 17. **Телефон.** (+992) 919393956. E-mail: ruziev_7474@mail.ru

Information about the authors: ***Rasulov Soleh Attoevich*** – Tajik National University, Ph.D., associate professor of the department methodology teacher of chemistry. Address: 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue 17. Phone: (+992) 555555223. E-mail: soleh_rasulov@mail.ru
Yorov Murodbeg Yorovich – Tajik National University, assistant of the department methodology teacher of chemistry. Address: 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue 17. Phone: (+992) 935696699. E-mail:
Kimsanov Abdugafur Burievich – Tajik National University, Ph.D., Senior Lecturer, Department of Functional Diagnostics and Clinical Laboratory. Address: 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe Rudaki Avenue 17. Phone: (+992) 939268800.
Ruziev Begali Temirovich – Tajik National University, Assistant of the Department of Chemical Production. Address: 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe Rudaki Avenue 17. Phone: (+992) 919393956. E-mail: ruziev_7474@mail.ru

УДК. 547.426.251+547.426.21

РЕАКСИЯИ ПАЙВАСТШАВИИ ФУЛЛЕРЕН C_{60} БО БАЪЗЕ ҲОСИЛАҲОИ АМИНОКИСЛОТАГИИ ГЛИТСЕРИН

Гулов А.А., Раҷабов С.И.
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Мубрамияти мақола. Таърихи кашфи фуллеренҳо ва оғози лоиҳаи ҷаҳонӣ дар ин соҳа омӯзиши онҳо дар адабиёти мухталифи илмӣ гирд оварда шудаанд [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 с. 22, 31, 21, 41, 13, 73, 47, 79]. Дар Русия ин мавод, яъне таҳқиқот дар бораи шакли нави аллотропияи карбон C_{60}, ки шакли икосаэдрро дорад, ҳанӯз дар оғози солҳои 1960 шурӯъ шуда буд. Вале ба таври диққатҷалбкунанда коркарди ин соҳа танҳо дар солҳои 90-уми асри гузашта мақсаднок ба роҳ монда шуд [9,10,11, с. 46, 66, 93]. Маҳз дар солҳои 1991-2003 таҳқиқоти зиёд ва нашри мақолаҳо дар ин соҳа бештар ба чашм мерасад. Маълумотҳои оморӣ нишон медиҳанд, ки маҳз дар ҳамин давра, якчанд патентҳо (гувоҳномаҳо) ва миқдори зиёди нашрияҳо дар маҷаллаву адабиёти илмӣ дар ин соҳа нашр шудаанд [12, 13, 14, 15, с. 17, 27, 44, 58]. Дар баробари инкишофи таҳқиқоти илмӣ дар соҳаи фуллерен C_{60} дар ҷаҳон, корҳои илмиву таҳқиқотии ватанӣ низ дар ин соҳа ривоҷ ёфтаанд [16, 17, 18, 19, 20, с.77, 67, 83, 69, 32]. Оид ба таҳқиқотҳо дар соҳаи фуллерен тақрибан 2250 ҳуҷҷатҳои лозимӣ ҷамъ оварда шудаанд. Аз онҳо 82 % мақолаҳои илмии дар маҷаллаҳо нашршуда 10,5% нашрияҳои конфронсӣ, 4,4% патентҳо ва 3,1% рисолаҳои илмиро ташкил медиҳанд [21, 22, 23, 24, 25, с.72, 23, 54, 29, 31]. Аз ин рӯ, соҳаҳои истифодабарии ин ҳосилаҳои фуллеренӣ ба коркард ва синтези онҳо аз ҷониби химикон ва синтетикон вобастааст. Дар соҳаи биология ва тиб ҳосилаҳои аминокислотагӣ-пептидии фуллерен C_{60} дар обҳалшаванда буда, ба сифати ваксинаҳои моҳияташон баланд ва маводи антивирусӣ истифода бурда мешаванд. Инчунин, сорбентҳои фуллерендор коркард шудаанд, ки барои ҷудокунии плазмаи хун бо мақсади огоҳкунӣ атеросклероз истифода мешаванд. Инчунин лазерҳои фуллерен-оксигену йоддоштаро барои табобати касалиҳои саратонӣ ва касалиҳои вирусӣ сирояти ба сифати «табобати лазерии фуллереноксигени терапия Биолофт» истифода мебаранд [26, 27,28,29, с.29, 81, 34, 81,].

Дар соҳаи энергетика таҳқиқоте бурда мешаванд, ки ҷамъшавии гидрогенро дар асоси карбони наносохтор фароҳам меоварад, ин коркард дар соҳаи энергетикаи лазери барои интиқоли энергияи офтоб дар масофаҳои зиёд ва баландиҳо истифода мешаванд, ки ин соҳаро физикаи лазерӣ меноманд. Дар соҳаи металлургия бошад, хулаҳое омода карда шудаанд, ки онҳо дар асоси пайвастаи фуллерен C_{60}-оҳан ва карбон омода шудаанд, ки онро барои истеҳсоли пулоди хокистаранг истифода мебаранд [30, с.76]. Новобаста аз он, ки маҳсулотҳои фуллерени дар истеҳсолот кам коркард мешавад, вале омӯзиши фуллеренҳо ва ҳосилаҳои онҳо дар тамоми олам диққатҷалбкунанда буда, дар зинаи баланд меистанд. Русия дар ин соҳа, умуман, дар соҳаи физика ва химия мавқеи асосиро ишғол намуда, ба ин масъала диққати асосӣ медиҳад.

Дар ин мақола аз тарафи мо омӯзиши реаксияи пайвастшавии баъзе ҳосилаҳои аминокислотагии глитсерин, ки дар молекулаашон боқимондаҳои эпихлоргидрин α-монохлоргидрини глитсерин, α,γ-дихлоргидрини глитсерин доранд бо фуллерен C_{60} мавриди таҳқиқ қарор гирифта шудааст. Истифодаи фуллерен C_{60} дар химияи аминокислотаҳо ва пептидии синтетикӣ баъзан бо хосиятҳои мувофиқ бартариҳои муайянеро медиҳад, дар муқоиса бо дигар синфҳои органикӣ, аз ҷумла имконияти дар обҳалшавандагиро барои фуллерен C_{60} фароҳам меоварад. Метавон гуфт, ки ҳосилаҳои нави C_{60} ба сифати ваксинаҳои моҳияташон баланд ва маводи антивирусӣ истифода бурда шаванд.

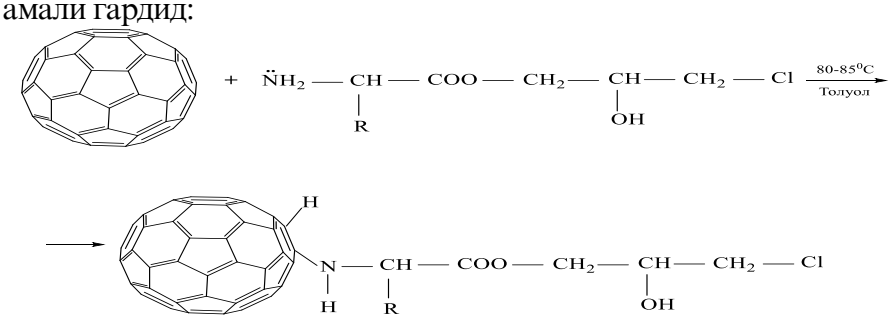
Бинобар ин, усули умедбахш ин модификатсияи ҳосилаҳои аминокислотагии глитсеринӣ бо фуллерен C_{60} буда, композитсияҳои дар об ҳалшавандаи C_{60}-ро фароҳам меоварад.

Аз ин лиҳоз, дар мақола коркарди усули синтези ҳосилаҳои нави фуллерен C_{60} дар асоси ҳосилаҳои аминокислотагии глитсеринӣ 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, РМЯ, хроматографияи маҳинқабат ва ХГМ мавриди таҳқиқ қарор гирифта шудааст.

Мақсади таҳқиқот коркарди усули синтез ва мукаммалгардонии усулҳои синтези ҳосилаҳои аминокислотагии глитсеринӣ бо фуллерен C_{60}, омӯзиши қобилияти реаксионии C_{60} аз ҳисоби бандҳои дучандаи он зери таъсири гурӯҳи аминии аминокислотаҳои дорои боқимондаҳои эпихлоргидрин α-монохлоргидрини глитсерин, α,γ-дихлоргидрини глитсерин мебошад.

Муҳокимаи таҳқиқот. Ба сифати моддаҳои аввала аз 1-хлор-3-Gly-O-пропан-2-ол, 1-хлор-3-Ala-O-пропан-2-ол, 1-хлор-3-Val-O-пропан-2-ол, 1-хлор-3-Phe-O-пропан-2-ол, 1-хлор-3-Leй-O-пропан-2-ол, 3-Ala-O-пропан-1,2-диол, 3-Val-O-пропан-1,2-диол, 3-Phe-O-пропан-1,2-диол ва 3-Leй-O-пропан-1,2-диол истифода намудем.

Реаксияи боҳамтаъсиркунии 1-хлор-3-глитсилпропан-2-ол бо фуллерен C_{60} бо нақшаи зайл амали гардид:



Реаксия дар ҳарорати 80-85 ^{0}C дар муҳити ҳалкунандаи толуоли мутлақ гузаронида шуд. Дар натиҷа фуллеро C_{60}-1-хлор-3-глитсилпропан-2-ол бо баромади 47 % ҳосил шуд.

Бо нақшаи реаксияи (1-хлор-3-глитсилпропан-2-ол) монанд реаксияи боҳамтаъсиркунии фуллерен C_{60} бо 1-хлор-3-Ala-O-пропан-2-ол, 1-хлор-3-Val-O-пропан-2-ол, 1-хлор-3-Phe-O-пропан-2-ол ва 1-хлор-3-Leй-O-пропан-2-ол низ амалӣ карда шуданд.

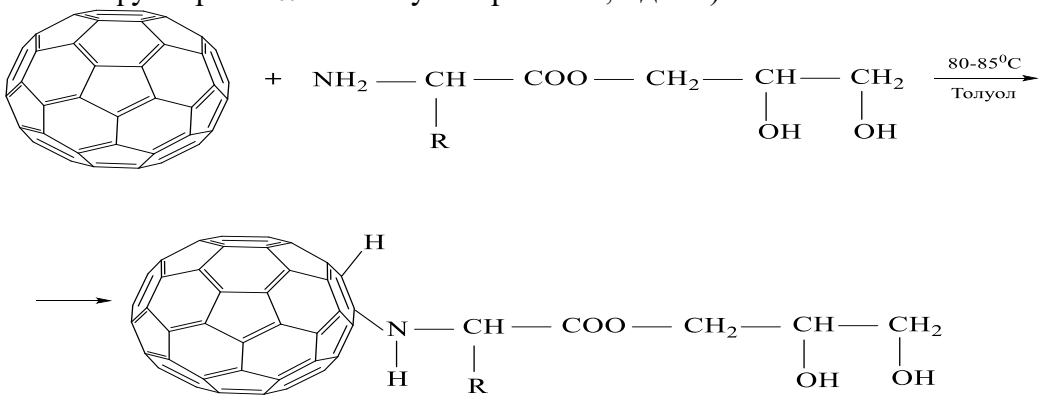
Тозагии пайвастаҳои синтезкардашуда бо усули хроматографияи маҳинқабат санҷида шуданд.

Таҳқиқоти спектри инфрасурх омили гузаштани реаксияро тасдиқ мекунад, ки бо пайдо шудани рахҳо шиддатноки фурӯбарӣ дар спектрҳои ҳамаи пайвастаҳо дар соҳаҳои 750-720 см$^{-1}$ мавҷуд будани гурӯҳи C-Cl дар молекулаҳои таҳқиқшаванда тавсифкунандаро шарҳ медиҳад. Дар спектри инфрасурх, пайвастаҳои рахҳои васеи фурӯбарӣ дар соҳаҳои 3250-3400 см$^{-1}$, ки ба лапишҳои валенти OH-гурӯҳ дохил мешаванд, ошкор гаштанд. Дар спектри инфрасурхи пайвастаҳои ҳосилкардашуда нопадидшавии лапиши валентии NH_2-гурӯҳ дар соҳаҳои 3500-3400 см$^{-1}$ ва дар соҳаи 1185 см$^{-1}$ пайдошавии раххи махсуси тағйирёбиҳои лапишҳои валентии C_{60} - NH-гурӯҳ дар соҳаҳои 3280-3300 см$^{-1}$ мавҷуд аст.

Дар спектри РМЯ ^{13}C фуллеро C_{60}-1-хлор-3-Gly-O-пропан-2-ол сигналҳои зерин ошкор карда шуданд: 1.22 ppm(t, 6H, $2CH_3$), 2.27 ppm (d, 3H, CH_3), 3.45 ppm (q, 4H, $2CH_2$), ^{13}CNMR ($CDCl_3$).

Сипас бо ҳадафи муқаррар намудани қобилияти реаксионии фуллерен C_{60} ва ҳосил намудани пайвастаҳои нави аз ҷиҳати биологӣ фаъол мо реаксияи пайвастшавии фуллерен C_{60}-ро бо ҳосилаҳои аминокислотагии пропан-1,2-диолҳо мавриди омӯзиш қарор додем. Зимни ин муайян карда шуд, ки гузариши раванд ва тавлиди пайвастаҳои мувофиқ аз сохти аминокислотапропан-1,2-диолҳо ва интихоби ҳалкунандаи толуол, сараввал вобаста мебошад.

Реаксияи пайвастшавии фуллерен C_{60} бо ҳосилаҳои аминокислотагии пропан-1,2-диолҳо аз рӯйи нақшаи зерин амалӣ гардид: (ба таври мисол, реаксияи конденсатсияи фуллерен C_{60} бо 3-Gly-O-пропан-1,2-диол):

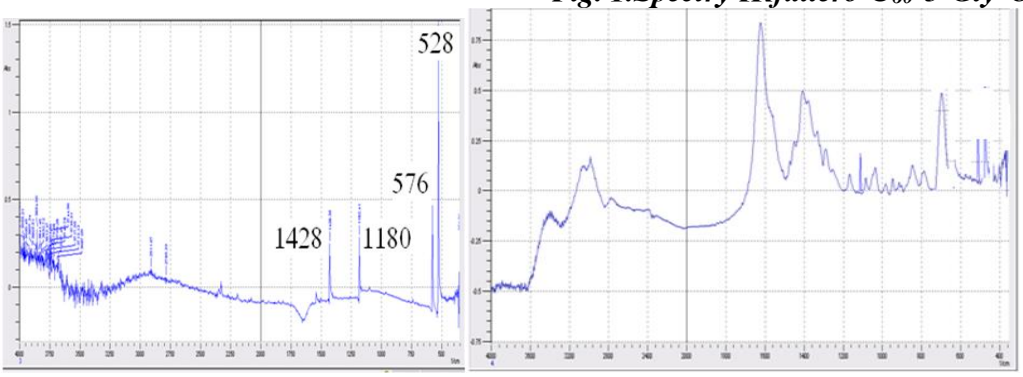


Табаддулоти мазкур дар ҳароратҳои 80-85 ^{0}C муддати 25 соат гузашт. Айнан бо ҳамин нақшаи реаксия монанд боҳамтаъсиркунии фуллерен C_{60} бо 3-Ala-O-пропан-1,2-диол, 3-Val-O-пропан-1,2-диол, 3-Phe-O-пропан-1,2-диол ва 3-Leй-O-пропан-1,2-диол гузаронида шуд.

Барои тасдиқи таркиб ва сохти ҳосилаҳои синтезкардашудаи боқимондаҳои пропан-1,2-диолҳо спектрҳои инфрасурх (ИС)-, РМЯ ва маълумоти таҳлили элементӣ гузаронида шуд.

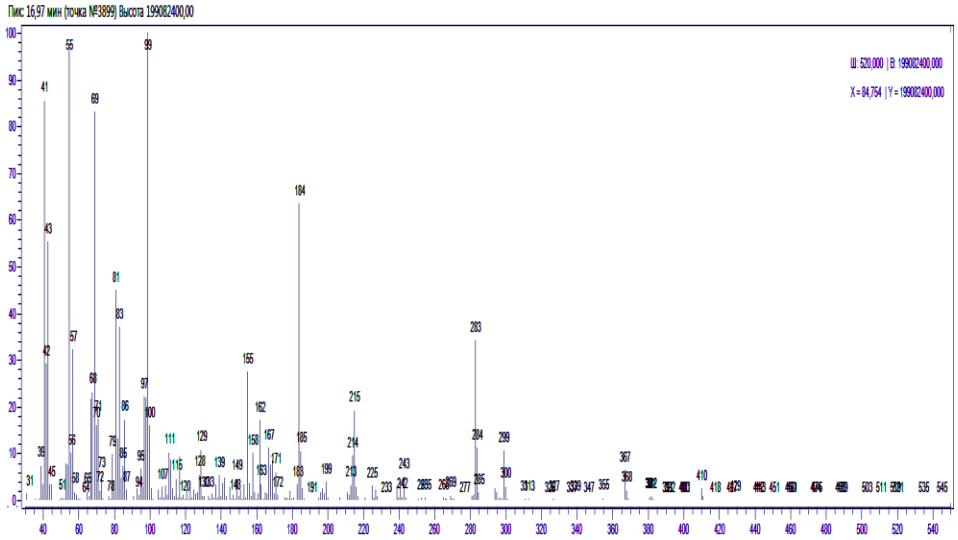
Дар спектри инфрасурхи (ИС) пайвастаҳои ҳосилкардашуда пайдошавии раххи махсус оид ба лапишҳои валентии C_{60}-NH-гурӯҳ дар соҳаҳои 3270-3285 см$^{-1}$ ошкор гаштанд. Дар маҷмӯъ, чор хатти спектри нурфурӯбарӣ хусусиятҳои хоси молекулаи C_{60} -ро нишон медиҳад: 528см$^{-1}$, 576 см$^{-1}$, 1180 см$^{-1}$, 1428 см$^{-1}$ ҳангоми маҷмӯи спектрҳо ба 1428 баробар будан спектри нурфурӯбарӣ хомӯш мешавад ва дар 528 см$^{-1}$ 576 см$^{-1}$ ва 1180 см$^{-1}$ кам мешавад. Дар соҳаҳои 3250-3400 см$^{-1}$ лапишҳои валентии гурӯҳи OH ва дар соҳаҳои 1600-1650 см$^{-1}$ лапишҳои деформатсионии NH-гурӯҳ мушоҳида карда шуд (расми 1).

Рас. 1. Спектри ИСфуллеро C_{60}-3-Gly-O-пропан-1,2-диол
Рис. 1. ИК-спектр фуллеро C_{60}-3-Gly-O-пропан-1,2-диола
Fig. 1.Spectry IRfullero C_{60}-3-Gly-O-propan-1,2-diol



Ҳангоми таҳлили масс-спектри пайвастаи фуллеро C_{60}-3-Gly-O-пропан-1,2-диол, ба ғайр аз массаи асосӣ ба миқдори каме массаи иловагӣ M^+ 280.8 m/z = (100 %), m/z = 278.8 (93.79 %), m/z = 279.8 (9.77 %), m/z = 281.8 (10.18 %) ва m/z = 282.8 (3.16 %) ошкор карда шуданд (расми 2).

Рас.2.Масс-спектри фуллеро C_{60}-3-Gly-O-пропан-1,2-диол
Рис. 2. Масс-спектрфуллеро C_{60}-3-Gly-O-пропан-1,2-диола
Fig. 2. Mass spectrum of fullero C_{60}-3-Gly-O-propan-1,2-diol

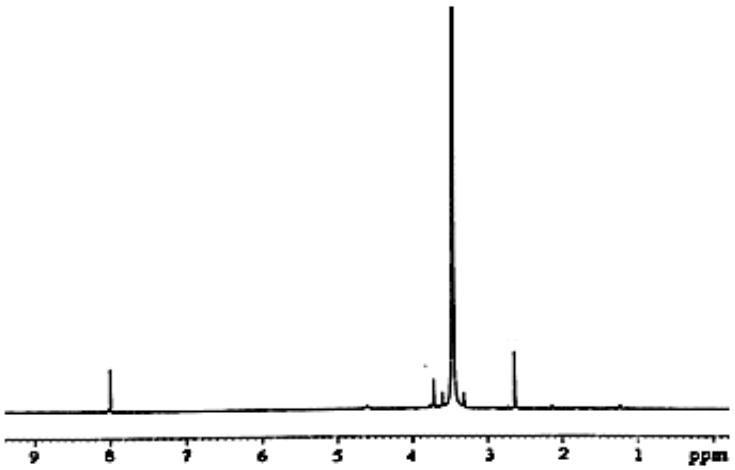


Бо мақсади омӯхтани сохт ва хосиятҳои фуллеро C_{60}-3-Gly-O-пропан-1,2-диол, ҷойгиршавии атомҳои карбонро дар спектрҳои ^{1}H ва ^{13}C-РМЯ муайян кардан лозим буд.

Дар спектри ^{13}C РМЯ фуллеро C_{60}-3-Gly-O-пропан-1,2-диол дар соҳаҳои δ = 109.8 ҳ.м., 125.1 ҳ.м., 128.0 ҳ.м., 128.8 ҳ.м., 133.1 ҳ.м., 145.5 ҳ.м., 146.0 ҳ.м. дар CD Cl_3 ҷаҳиши (майли) химиявӣ дида мешавад.

Майли химиявӣ дар спектри РМЯ ^{13}C фуллеро C_{60}-3-Gly-O-пропан-1,2-диол дар $CDCl_3$ дар 600 mHz давомнокӣ 1 соатро дар бармегирад. Дар спектри ^{1}H РМЯ фуллеро C_{60}-3-Gly-O-пропан-1,2-диол дар соҳаҳои δ = 8.012 ҳ.м., (1H, s, NH); 2.632 ҳ.м., (1H, d, CH); 3.463 ҳ.м., (2H, t, CH_2); 3.725 ҳ.м., (1H, d, C-NH); 1.85 ҳ.м., (1H, s, C_{60}-NH) дар $CDCl_3$ сигнали резонансӣ бо майли химиявӣ ошкор карда шуд.

Рас. 3. Спектри РМЯ-и фуллеро C_{60}-3-Gly-O-пропан-1,2-диол
Рис. 3. ЯМР-спектр фуллеро C_{60}-3-Gly-O-пропан-1,2-диола
Fig. 3. NMR spectrum of fullero C_{60}-3-Gly-O-propan-1,2-diol



Хосиятҳои физикӣ-химиявӣ ва собитҳои муҳими пайвастаҳои синтез кардашуда дар ҷадвали 1-2 нишон дода шуда аст.

Ҷад.1. Собитҳои муҳими физикӣ-химиявии пайвастаҳои синтезкардашуда

Таб. 1. Важнейшие физико-химические константы синтезированых соединений

Tab. 1. The most important physical and chemical constants synthesis compound

Номи пайвастҳо	R_f			Тавлид бо %	Ҳ.гуд., ºС	C % Ёфт., Ҳисоб.	H % Ёфт., Ҳисоб.	N % Ёфт., Ҳисоб.	Cl % Ёфт., Ҳисоб.	Брутто-формула
	А	Б	В							
Фуллеро C_{60}-1-хлор-3-Gly-О-пропан-2-ол	0.73	0.79	0.61	47.00	2 88-289	73.39 73.46	71.29 71.36	27.45 27.65	26.69 26.89	$C_{73}H_6O_5NCl$
Фуллеро C_{60}-1-хлор-3-Ala-О-пропан-2-ол	0.75	0.69	0.62	49.40	2 87-288	72.31 72.36	75.21 75.26	23.58 23.88	22.61 22.91	$C_{76}H_{22}O_5NCl$
Фуллеро C_{60}-1-хлор-3-Val-О-пропан-2-ол	0.72	0.68	0.57	48.30	2 93-294	71.40 71.36	75.30 75.26	23.31 23.61	22.73 22.93	$C_{80}H_{22}O_5NCl$
Фуллеро C_{60}-1-хлор-3-Phe-О-пропан-2-ол	0.65	0.61	0.55	49.80	2 85-286	69.48 69.54	74.38 74.44	24.62 24.82	23.53 23.83	$C_{74}H_{17}O_5NCl$
Фуллеро C_{60}-1-хлор-3-Leй-О-пропан-2-ол	0.64	0.58	0.53	44.00	2 83-284	70.57 70.64	75.67 75.74	24.57 24.87	23.42 23.72	$C_{77}H_{23}O_5NCl$

Ҷад.2. Собитҳои физикӣ-химиявии муҳими пайвастаҳои синтезкарда

Табл. 2. Важнейшие физико-химические константы синтезированных соединений

Tab. 2. The most important physicochemical constants synthesis compound

Номи пайвастҳо	R_f			Тавлид бо %	Ҳ.гуд. ºС	C % Ёфт., Ҳисоб.	H % Ёфт., Ҳисоб.	N% Ёфт., Ҳисоб.	Брутто-формула
	А	Б	В						
Фуллеро C_{60}-3-Gly-О-пропан-1,2-диол	0.71	0.66	0.62	44.00	2 95-296	53.42 53.56	67.22 67.36	7.93 8.13	$C_{73}H_{13}NO_6$
Фуллеро C_{60}-3-Ala-О-пропан-1,2-диол	0.72	0.68	0.54	43.00	2 98-299	56.71 56.78	68.71 68.78	8.79 8.99	$C_{74}H_{15}O_6N$
Фуллеро C_{60}-3-Val-О-пропан-1,2-диол	0.75	0.72	0.64	42.40	3 03-304	53.79 53.85	67.79 67.95	7.66 7.96	$C_{76}H_{19}O_6N$
Фуллеро C_{60}-3-Phe-О-пропан-1,2-диол	0.67	0.57	0.52	44.50	3 02-303	53.66 53.75	68.86 68.95	7.61 7.81	$C_{80}H_{19}O_6N$
Фуллеро C_{60}-3-Leй-О-пропан-1,2-диол	0.73	0.63	0.49	43.70	3 11-312	51.00 51.08	67.08 67.10	7.23 7.43	$C_{77}H_{21}O_6N$

Қисми тачрибавӣ

Синтези ҳосилаҳои фуллерен C_{60}-пропан-2-олҳо

Синтези фуллеро C_{60}-1-хлор-3-глитсилпропан-2-ол. Ба колбаи тагҳамвор, ки бо хунуккунаки баргарданда ва омехтакунаки механикӣ таҷҳизонида шудааст, 0,030 г фуллерен C_{60} гирифта ба он 5 мл толуол илова менамоем. Барои пурра ҳал шудани фуллерен C_{60} маҳлулро гарм намуда, муддати 3.5-4 соат омехта мекунем. Сипас дар колбаи сеқироа маҳлули толуолии фуллеренро қатра-қатра ба (0.010 г) маҳлули 1-хлор-3-глитсилпропан-2-оли пешакӣ омода карда шуда, илова мекунем. Баъд аз ҳалшавӣ, ранги маҳлули реаксионӣ тағйир ёфт. Омехтаи реаксионро дар ҳароратҳои 80-85 ^{0}C ду шабонарӯз дар омехтакунаки магнитӣ омехта намудем. Пас аз ин омехтаи реаксионро полида (филтр намуда), қисми таҳшинро аз моеъ ҷудо кардем. Таҳлили хромотографи нишон дод, ки моддаи асосӣ дар қисми маҳлул ҷойгир аст. Маҳлулро бо ёрии буғкунаки роторӣ буғронӣ намуда, пайвастаи фуллеро C_{60}-1-хлор-3-глитсилпропан-2-ол дар шакли кристаллӣ қаҳваранг ҳосил шуд. Моддаи ҳосилкардашударо бо 25 мл бензоли мутлақ ва толуол перекристаллизатсия намудем.

Тавлид: 0.07 грамм (45.6% аз назариявӣ); Нуқ., гудозиш= 327-328 ^{0}C; R_f=0.57 (А); R_f=0.55 (Б); R_f=0.49 (В).

Ба усули (фуллеро C_{60}-1-хлор-3-глитсилпропан-2-ол) монанд, синтези фуллеро C_{60}-1-хлор-3-Ala-O-пропан-2-ол, фуллеро C_{60}-1-хлор-3-Val-O-пропан-2-ол, фуллеро C_{60}-1-хлор-3-Phe-O-пропан-2-ол, фуллеро C_{60}-1-хлор-3-Ley-O-пропан-2-ол, фуллеро C_{60}-1-хлор-Gly-Gly-O-пропан-2-ол, фуллеро C_{60}-1-хлор-3-Ala-Gly-O-пропан-2-ол, фуллеро C_{60}-1-хлор-3-Ala-Phe-O-пропан-2-ол, фуллеро C_{60}-1-хлор-3-Val-Val-O-пропан-2-ол ва фуллеро C_{60}-1-хлор-3-Z-Ley-Gly-O-пропан-2-ол гузаронида шуд.

Хосиятҳои физикӣ-химиявӣ ва собитҳои муҳими онҳо дар ҷадвали 1 нишон дода шудааст.

Синтези ҳосилаҳои фуллерен C_{60}-пропан-1,2-диолҳо

Ба методикаи (1) монанд, синтези фуллеро C_{60}-3-глитсилпропан-1,2-диол, фуллеро C_{60}-3-Ala-O-пропан-1,2-диол, фуллеро C_{60}-3-Val-O-пропан-1,2-диол, фуллеро C_{60}-3-Phe-O-пропан-1,2-диол, фуллеро C_{60}-3-Ley-O-пропан-1,2-диол, фуллеро C_{60}-3-Gly-Gly-O-пропан-1,2-диол, фуллеро C_{60}-3-Ala-Gly-O-пропан-1,2-диол, фуллеро C_{60}-3-Ala-Phe-O-пропан-1,2-диол, фуллеро C_{60}-3-Val-Val-O-пропан-1,2-диол ва фуллеро C_{60}-3-Ley-Gly-O-пропан-1,2-диол гузаронида шуд.

Хосиятҳои физикӣ-химиявӣ ва собитҳои муҳимми онҳо дар ҷадвали 2 нишон дода шудааст.

АДАБИЁТ

1. Раджабов, С.И.Синтез и модификации некоторых аминокислотпропан-2-олов с фуллерена C_{60}/С.И. Раджабов, Р.А. Мустафокулова, С.Х. Одинаев, М.Б.Каримов // Материалы республиканский научно-теоретической конференции профессорско-преподовательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной «20-ой годовщине дня национального единства» и «Году молодёжи».– Душанбе, 2017.– С.
2. Раҷабов, С.И. Синтези ҳосилаҳои нави аминокислотагии эпихлоргидрин бо фуллерен C_{60}/С.И. Раҷабов, С.Х. Одинаев, А.А.Гулов, М.Б.Каримов//Маводи конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ-назариявии ҳайати устодону кормандони ДМТ бахшида ба ҷашни «25-солагии Истиқлолияти давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон». Душанбе, 2016.-С.565-566.
3. Раҷабов, С.И. Боҳамтаъсиркунии эфирҳои метилӣ ва этилии аминокислотаҳои қатори алифатӣ бо фуллерен C_{60}/С.И. Раҷабов, С.Х. Одинаев, А.А.Гулов, С.Э.Асоев, М.Б.Каримов//Маводи конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ-назариявии ҳайати устодону кормандони ДМТ бахшида ба ҷашни «25-солагии Истиқлолияти давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон». Душанбе, 2016.-С.564.
4. Раҷабов, С.И. Ҳосилаҳои нави глитсерин дар асоси фуллерен C_{60}/С.И. Раҷабов, А.А Гулов, Р.А. Мустафокулова, М.Б. Каримов // Пайёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Душанбе: Сино, 2017. – №1/2.Бахши илмҳои табиӣ. – С. 162-165.
5. Раҷабов С.И. Синтези ҳосилаҳои нави аминокислотагии эпихлоргидрин бо фуллерен C_{60}. / Одинаев С.Х., Гулов А.А., Асоев С.Э., Каримов М.Б.// Маводи конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ-назариявии ҳайати устодону кормандони ДМТ бахшида ба ҷашни «25-солагии Истиқлолияти давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон». Душанбе -2016. Саҳ. 565-566.
6. Раҷабов С.И. Боҳамтаъсиркунии эфирҳои метилӣ ва этилии аминокислотаҳои қатори алифатӣ бо фуллерен C_{60}. / Одинаев С.Х., Гулов А.А., Асоев С.Э., Каримов М.Б.// Маводи конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ-назариявии ҳайати устодону кормандони ДМТ бахшида ба ҷашни «25-солагии Истиқлолияти давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон». Душанбе -2016. Саҳ. 564.

7. Мустафокулова, Р.А. Изучение реакции этиловых эфиров аминокислот с 2-хлорметилоксираном/Р.А. Мустафокулова, С.И.Раджабов, Ф.Б.Кимсанова// Международная научная конференция «Горизонты и перспективы нефтехимии и органического синтеза».-Уфа, 2018.-С.24-26.
8. H.J. Bestmann, D. Hadawi, T. Roder, C. Moll, *TetrahedronLett,* 1994, 35, 9017.
9. Y. Wang, J. Cao, D.I. Schuster, SR. Wilson, *Tetrahedron Lett* .1995, 36, 6843.
10. M.H. Hall, H. Lu, Ph.B. Shevlm,.J. *Am. Chem. Soc,* 2001, 123, 1349.
11. M. Prato, V. Lucchini, M, Maggini, E. Stimpfl, G. Scorrano, M. Eiermann, T. Suzuki, F. Wudl,.J. *Am. Chem. Soc,* 1993, 115, 8479.
12. Z. Li, P.B. Shevlm,.J. *Am. Chem Soc,* 1997, 119, 1 149.
13. M. Eiermann, F. Wudl, M. Prato, M Maggini, *J. Am. Chem. Soc,* 1994, 116, 8364.
14. T. Ohno, N. Martin, B. Knight, F. Wudl, T. Suzuki, H. Yu, *J. Org. Chem.,* 1996, 61, 1306.
15. M.W.J. Beuler, J.A. Rivera, M.A. Herranz, B. Illescas, N. Martin, L. Echegoyen,.J. *Org. Chem.,* 2001, 66, 4393.
16. P.G. Rasmussen, T.S. Fabre, P.A. Beck, M.J. Eissa, J. Escobedo, R.M. Strongin, *Tetrahedron Lett.,* 2001, 42, 6823.
17. H.J. Bestmann, C. Moll, *Synlett,* 1996, 729.
18. R. Pilliccam, D. Annibali, G. Costantino, M. Mannozzi, B. Natalini, *Synlett,* 1997, 1 196.
19. M.D. Meijer, M. Rump, R.A. Gossagc, J.H.T.B. Jastcrzcbski, G. van Koien, *Tetrahedron Lett.,* 1998, 39, 6773.
20. T. lshida, K. Shinozka, T. Nogami, M. Kubota, M. Ohashi, *Tetrahedron,* 1996,**52,** 5103.
21. K.-Y Kay. L.H. Kim, I.C. Ob, *Tetrahedron Lett.,*2000, **41,** 1397.
22. N. Martin, L, Sanchez. D.M.Guldi, *Chem. Commun.,* 2000, 1 13.
23. A.G, A vent, P.R. Brikett, F. Paolucci. S. Roffia, R.Taylor, N.K. Wachter, *.J. Chem Soc, Terkin Trans. 2,* 2000, 1409.
24. M.T. Rispcns, I... Sanchez, J. Knol, J.C. Hummelen, *Chem. Commun.,* 2001, 161.
25. L. Sanchez, M.T. Rispcns, J.C. Hummelen, *Angew. Chem.. Int. Ed. Engl.,* 2002, 41, 838.
26. T. Ohno, K. Moriwaki, T. Miyata, *J. Org Chem.,* 2001, **66,** 3397.
27. J.C Hummelen, B.VV. Knight, F. Wudl, J. Yao, C.L. Wilkins, *J. Org. Chem.,* 1995, 60, 532.
28. Раджабов, С.И. Фармакологическая исследование производных аминокислотпропан-2-олов с остатками фуллерена C_{60} при хроническом введении на белых крысах/ С.И. Раджабов, Н.Ю. Самандаров Р.А. Мустафокулова, С.Э.Асоев, С.Х. Одинаев, М.Б.Каримов // Материалы республиканский научно-теоретической конференции профессорско-преподовательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной «20-ой годовщине дня национального единства» и «Году молодёжи».– Душанбе, 2017. – С. 540.
29. Раджабов, С.И. Фармакологическая исследование новых производных глицерина с остатками фуллерена C_{60} при хроническом введении на белых крысах/ С.И. Раджабов, Н.Ю. Самандаров Р.А. Мустафокулова, А.А. Гулов, С.Х. Одинаев, М.Б.Каримов // Сборник материалов XIV Нумановские чтения вклад молодых учёных в развитие химической науки посвящённые «Году молодёжи».– Душанбе, 2017. – С. 212-213.
30. Самандаров, Н.Ю. Фаъолнокии зиддимикробии баъзе ҳосилаҳои глитсерин дорои бақияи аминокислотаҳо бо фуллерен C_{60} / Н.Ю. Самандаров, С.И. Рачабов, Р.А. Мустафоқулова, С.Х. Одинаев// Маводи конференсияи чумҳуриявии илмӣ-назариявии ҳайати устодону кормандони ДМТ бахшида ба Даҳсолаи байналмилалии амал «Об барои рушди устувор, солҳои 2018-2028», «Соли рушди сайёҳи ва ҳунарҳои мардумӣ», «140-солагии Қахрамони Тоҷикистон Садриддин Айнӣ» ва «70-солагии ДМТ». – Душанбе, 2018. – С.665-666.

REFERENCES LITERATURE

1. Radjabov, S.I. Synthesis and modification of some aminopropane-2-ols from fullerene C_{60} / S.I. Radjabov, R.A. Mustafokulova, S.Kh. Odinaev, M.B. Karimov // Materials of the republican scientific-theoretical conference of the faculty and staff of TNU, dedicated to the "20th anniversary of the day of national unity" and "Year of youth." - Dushanbe, 2017. – Pp
2. Radjabov, S.I. Synthesis of new amino acid epichlorohydrin derivatives with fullerene C60 /S.I. Radjabov, S.I. Odinaev, A.A. Gulov, M.B. Karimov // Materials of the Republican scientific-theoretical conference of the faculty and staff of the TNU dedicated to the "25-th anniversary of state independence of the Republic of Tajikistan". Dushanbe, 2016.-Pp.565-566.
3. Radjabov, S.I. Interaction of methyl and ethyl esters of aliphatic amino acids with fullerene C60 / S.I. Radjabov, C.X. Odinaev, A.A. Gulov, S.E. Asoev, M.B. Karimov // Materials of the republican scientific-theoretical conference of teachers and staff of the TNU dedicated to the "25-th anniversary of state independence of the Republic of Tajikistan". Dushanbe, 2016.-Pp.564.
4. Radjabov, S.I. New glycerin derivatives based on fullerene C_{60} / S.I. Radjabov, A.A. Gulov, R.A. Mustafoqulova, M.B. Karimov // Message of the Tajik National University. Dushanbe: Sino, 2017. - №1 / 2. Department of Natural Sciences. –Pp. 162-165.
5. Radjabov S.I. Synthesis of new amino acid epichlorohydrin with fullerene C_{60}. / Odinaev SH, 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 «25-Th anniversary of the State Independence of the Republic of Tajikistan». Monday -2016. Pp. 565-566.
6. Radjabov S.I. Interaction of methyl and ethyl esters of aliphatic amino acids with fullerene C60. / Odinaev S.H, A.A, Gulov Asoev S.E, Karimov M.B // Proceedings of the Republican scientific-theoretical conference of teachers and staff of the TNU dedicated to the "25th anniversary of state independence of the Republic of Tajikistan." Monday -2016. Pp. 564.
7. Mustafokulova, R.A. Study of the reaction of ethyl esters of amino acids with 2-chloromethyloxiran/ R.A. Mustafokulova, S.I. Radzhabov, F.B. Kimsanova// International Scientific Conference "Horizons and Perspectives of Petro chemistry and Organic Synthesis". 2018.- P.24-26.H.J. Bestmann, D. Hadawi, T. Roder, C. Moll, *Tetrahedron Lett,* 1994, 35, 9017.
8. Y. Wang, J. Cao, D.I. Schuster, SR. Wilson, Tetrahedron Lett .1995, 36, 6843.
9. M.H. Hall, H. Lu, Ph.B. Shevlm,.J. Am. Chem. Soc, 2001, 123, 1349.

10. M. Prato, V. Lucchini, M, Maggini, E. Stimpfl, G. Scorrano, M. Eiermann, T. Suzuki, F. Wudl,.J. Am. Chem. Soc, 1993, 115, 8479.
11. Z. Li, P.B. Shevlm,.J. Am. Chem Soc, 1997, 119, 1 149.
12. M. Eiermann, F. Wudl, M. Prato, M Maggini, J. Am. Chem. Soc, 1994, 116, 8364.
13. T. Ohno, N. Martin, B. Knight, F. Wudl, T. Suzuki, H. Yu, J. Org. Chem., 1996, 61, 1306.
14. M.W.J. Beuler, J.A. Rivera, M.A. Herranz, B. Illescas, N. Martin, L. Echegoyen,.J. Org. Chem., 2001, 66, 4393.
15. P.G. Rasmussen, T.S. Fabre, P.A. Beck, M.J. Eissa, J. Escobedo, R.M. Strongin, Tetrahedron Lett., 2001, 42, 6823.
16. H.J. Bestmann, C. Moll, Synlett, 1996, 729.
17. R. Pilliccam, D. Annibali, G. Costantino, M. Mannozzi, B. Natalini, Synlett, 1997, 1 196.
18. M.D. Meijer, M. Rump, R.A. Gossagc, J.H.T.B. Jastcrzcbski, G. van Koien, Tetrahedron Lett., 1998, 39, 6773.
19. T. lshida, K. Shinozka, T. Nogami, M. Kubota, M. Ohashi, Tetrahedron, 1996,52, 5103.
20. K.-Y Kay. L.H. Kim, I.C. Ob, Tetrahedron Lett.,2000, 41, 1397.
21. N. Martin, L, Sanchez. D.M.Guldi, Chem. Commun., 2000, 1 13.
22. A.G, A vent, P.R. Brikett, F. Paolucci. S. Roffia, R.Taylor, N.K. Wachter, .J. Chem Soc, Terkin Trans. 2, 2000, 1409.
23. M.T. Rispcns, I... Sanchez, J. Knol, J.C. Hummelen, Chem. Commun., 2001, 161.
24. L. Sanchez, M.T. Rispcns, J.C. Hummelen, Angew. Chem.. Int. Ed. Engl., 2002, 41, 838.
25. T. Ohno, K. Moriwaki, T. Miyata, J. Org Chem., 2001, 66, 3397.
26. J.C Hummelen, B.VV. Knight, F. Wudl, J. Yao, C.L. Wilkins, J. Org. Chem., 1995, 60, 532.
27. J.C Hummelen, B.VV. Knight, F. Wudl, J. Yao, C.L. Wilkins, J. Org. Chem., 1995, 60, 532.
28. Radzhabov, S.I. Pharmacological study of the amino acid derivatives of 2-ols with the remainder of C60 fullerene at chronic injection on white rats (in Russian) / N.J. Samandarov S.I.Rachabov, R.A Mustafoqulova, S.Kh. Odinaev M.B. Karimov // Proceedings of the Republican Scientific and Theoretical Conference of the faculty and staff of TNU dedicated to "20th Anniversary of National Unity Day" and "Year of Youth". - Dushanbe, 2017. - – C. 540.30.
29. Radzhabov, S.I. Pharmacological investigation of the new glycerin derivatives with the C60 fullerene residues at the chronic injection on the white rats (in Russian) // Collection of Materials of XIV Intern. Numanov's Readings on the contribution of young scientists to the development of chemical science dedicated to the "Year of Youth".- Dushanbe, 2017. - – C. 212-213.
30. Samandarov, N.Y. The antimicrobial activity of some glycerol derivatives containing amino acid residues with fullerene C60 / S.I.Rachabov, N.J. Samandarov R.A Mustafoqulova, A.A, Gulov, S.Kh. Odinaev // 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", "Year of Tourism and Folk Crafts", "140th anniversary of the Hero of Tajikistan Sadriddin Aini" and " 70th anniversary of the TNU. - Dushanbe, 2018. - P.665-666.

РЕАКСИЯИ ПАЙВАСТШАВИИ ФУЛЛЕРЕН C_{60} БО БАЪЗЕ ҲОСИЛАҲОИ АМИНОКИСЛОТАГИИ ГЛИТСЕРИН

Фуллерен C_{60} ба қариби таҳти як гурӯҳи калони олимон Харолд Крото, Роберт Керл, Брейн, Хис ва Ричард Смоллӣ (ҳамаашон олимони Донишгоҳи Раиса, ИМА) ҳангоми таҳқиқи масс-спекторҳои буғҳои графит, баъди нурафкании лазерӣ сохти молекулаи онро муайян карданд. Баъдтар усули ҳосилкунии фуллерени сохти кристаллидошта аз ҷониби олимони Институти физикаи ядроии Олмон В.Кричмер ва Д.Хофман пешниҳод карда шуд. Соли 1992 аз таркиби минералӣ табиӣ карбон-шунгит фуллерени таббиӣ низ муайян карда шуд. Бинобар ин дар соли 1997 олимон Р.Е. Смоллӣ, Р.Ф. Керл, Г. Крото барои омӯзиши молекулаи фуллерен C_{60} сазовори мукофоти Нобелӣ шудаанд. Ҳамин тариқ баъди кашфи фуллерен C_{60} дар илми химия, физика ва биология тағйироти илмии нав бо номи нано- ворид карда шуд. Бинобар ин, то ҳол фуллерен C_{60} ҳамчун як роҳе байни пайвастаҳои органикӣ ва ғайриорганикӣ, яъне байни материяи зинда ва ғайризинда мебошад ва он боиси таҳқиқ дар тамоми озмоишгоҳҳои ҷаҳонӣ гаштааст. Аз нишондиҳандаҳои таҳлилҳое, ки дар адабиёти илмӣ чоп шудааст, хулоса баровардан мумкин аст, ки асосан ҳосилаҳои фуллерен C_{60} диққатҷалбкунанда мебошанд. Аз ин лиҳоз, диққатҷалбкунандагии фуллерен C_{60}-ро мо ба инобат гирифта ҳадаф гузоштем, ки ҳосилаҳои нави онро дар асоси аминокислотаҳои дорои боқимондаҳои эпихлоргидрин ва монохлоргидрини глитсерин синтез намуда, хосиятҳои физикӣ-химиявӣ ва биологии онҳоро мавриди омӯзиш қарор диҳем. Барои амалӣ намудани ин кор, ба сифати моддаҳои аввала мо аз 1-хлор-3-Gly-О-пропан-2-ол, 1-хлор-3-Ala-О-пропан-2-ол, 1-хлор-3-Val-О-пропан-2-ол, 1-хлор-3-Phe-О-пропан-2-ол, 1-хлор-3-Leй-О-пропан-2-ол, 3-Ala-О-пропан-1,2-диол, 3-Val-О-пропан-1,2-диол, 3-Phe-О-пропан-1,2-диол ва 3-Leй-О-пропан-1,2-диол (албатта пас аз озод кардани гурӯҳҳои ҳимоякунадаҳои карбобензоксӣ ва фталилӣ) ҳамчун моддаҳои аввала истифода намудем. Дар қатори ҳосилаҳои муайянкардашудаи фуллерен C_{60}, навъҳои муносиби синтези онҳо, шароити дохил кардани гурӯҳҳои функсионалии муайян, такмилдиҳии мавҷудбуда ва кор карда баромадани усулҳои нави ҳосилкунӣ, омӯхтани қобилияти реаксионидоштаи онҳо дар асоси аминокислотаҳои қатори алифатӣ, ки дорои боқимондаҳои эпихлоргидрин ва монохлоргидрини глитсерин ҳастанд, омӯхта шудаанд.

Калидвожаҳо: омӯзиш, реаксия, боҳамтаъсиркунӣ, синтез, 1-хлор-3-Ala-О-пропан-2-ол, 1-хлор-3-Val-О-пропан-2-ол, 1-хлор-3-Phe-О-пропан-2-ол, 1-хлор-3-Leй-О-пропан-2-ол, 3-Ala-О-пропан-1,2-диол, 3-Val-О-пропан-1,2-диол, 3-Phe-О-пропан-1,2-диол, 3-Leй-О-пропан-1,2-диол.

РЕАКЦИЯ ПРИСОЕДИНЕНИЯ ФЛЛЕРЕНА C_{60} С НЕКОТОРЫМИ ПРОИЗВОДНЫМИ АМИНОКИСЛОТНОГО ГЛИЦЕРИНА

Фуллерен C_{60} был открыт недавно, большой группой ученых, Гарольдом Кротто, Робертом Керлом, Брейном, Гессом и Ричардом Смоллли (все ученые из университета Раиса США) при изучении масс-спектров паров графита после лазерного облучения. Позже метод получения кристаллического фуллерена был предложен учеными из Института ядерной физики Германии В. Кричмером и Д. Хоффманном. В 1992 году из природного минерального состава был открыт природный фуллерен углерод-шунгит. Поэтому в 1997 году ученые Р.Е. Смолли, Р.Ф. Керл, Г. Крото были удостоены Нобелевской премии за исследование молекулы фуллерена C_{60}. Таким образом, после открытия фуллерена С60 в науке, химии, физике и биологии произошло новое научное

изменение, названное нано. Таким образом, фуллерен C_{60} до сих пор используется в качестве связующего звена между органическими и неорганическими соединениями, то есть между живым и неживым веществом, и его исследовали в лабораториях по всему миру. По результатам анализов, опубликованных в научной литературе, можно сделать вывод, что производные фуллерена C_{60} являются наиболее интересными. Поэтому, учитывая привлекательность фуллерена С60, мы поставили цель синтезировать его новые производные на основе аминокислот, содержащих остатки эпихлоргидрина и монохлоргидрина глицерина, и изучить их физико-химические и биологические свойства. Для осуществления данной работы в качестве исходных веществ мы использовали 1-хлор-3-Gly-О-пропан-2-ол, 1-хлор-3-Ala-О-пропан-2-ол, 1-хлор-3-Val-О-пропан-2-ол, 1-хлор-3-Phe-О-пропан-2-ол, 1-хлор-3-Leй-О-пропан-2-ол, 3-Ala-О-пропан-1,2-диол, 3-Val-О-пропан-1,2-диол, 3-Phe-О-пропан-1,2-диол ва 3-Leй-О-пропан-1,2-диол (разумеется, после снятия защитных групп-карбобензокси и фталилная группа). Среди идентифицированных производных фуллерена C_{60} изучались наиболее подходящие типы их синтеза, условия включения определенных функциональных групп, совершенствование существующих и разработка новых методов получения, изучение их реакционной способности на основе аминокислот алифатического ряда, содержащих остатки эпихлоргидрина и монохлоргидрина глицерина.

Ключевые слова: Изучение, реакция, взаимодействие, синтез, 1-хлор-3-Ala-О-пропан-2-ол, 1-хлор-3-Val-О-пропан-2-ол, 1-хлор-3-Phe-О-пропан-2-ол, 1-хлор-3-Leй-О-пропан-2-ол, 3-Ala-О-пропан-1,2-диол, 3-Val-О-пропан-1,2-диол, 3-Phe-О-пропан-1,2-диол, 3-Leй-О-пропан-1,2-диол.

REACTION OF JOINING OF FULERENA C_{60} WITH SOME DERIVATIVES PEPTIDE OF GLYCERIN

From the side of the groups of scientists Harold Kroto, Robert Curl (all scientists of Rice University, USA), the mass spectral vapors of graphite were investigated after exposure to a laser beam and the molecular structure of C60 fullerene was determined. Later the method of formation of the crystalline fullerene was developed by scientists of the German Institute of Nuclear Physics W. Krichmer and D. Hofmann. In 1992 a natural fullerene was determined in the composition of the natural mineral carbon-shunpike. In 1997, scientists R.E. Small and R.F. Curl, G. Kroto were awarded the Nobel Prize for the study of the fluorine molecule. Thus, after the discovery of the fullerene C60 a new scientific change called nano was introduced into the sciences of chemistry, physics and biology. Until now, the fluorine C60 has been used as a link between organic and inorganic compounds, whether between living and non-living matter, and this has led to research in laboratories around the world. From the analysis published in the scientific literature, we can conclude that the main focus is on fullerene products. Therefore, given the attractiveness of fullerene C60 we set out to synthesize its new derivatives based on peptides containing epichlorohydrin and glycerol monochlorohydrin residues and study their physicochemical and biological properties. We used 1-chloro-3-Gly-O-propane-2-ol, 1-chloro-3-Ala-O-propane-2-ol, 1-chloro-3-Val-O-propane-2-ol, 1-chloro-3-Phe-O-propane-2-ol, 1-chloro-3-Le-O-propane-2-ol as starting substances, 3-Ala-O-propane-1,2-diol, 3-Val-O-propane-1,2-diol, 3-Phe-O-propane-1,2-diol va 3-Lei-O-propane-1,2-diol (of course, after isolation of carbobenzoxy and phthalic chemical groups). Among the identified derivatives of fullerene C60 suitable for their synthesis, the conditions of inclusion of certain functional groups, improvement and development of new methods, study of their reactivity based on peptides of aliphatic groups containing residues of epichlorohydride and glycerol monochlorohydride are studied.

Keywords: Study, reaction, interaction, synthesis, 1-chloro-3-Ala-O-propan-2-ol, 1-chloro-3-Val-O-propan-2-ol, 1-chloro-3-Phe-O-propan-2-ol, 1-chloro-3-Le-O-propan-2-ol, 3-Ala-O-propan-1,2-diol, 3-Val-O-propan-1,2-diol, 3-Phe-O-propan-1,2-diol, 3-Le-O-propan-1,2-diol.

Маълумот оид ба муаллифон: ***Гулов Амриддин Абдуалимович*** – Институти илмию таҳқиқотии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, ходими илм. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17.**Тел**.: 900070758. **Email**. amridinjon@mail.ru.

Рачабов Сирочиддин Икромович – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Доктори илмҳои химия, и.в., профессор, мудири кафедраи химияи органикӣ. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рудаки, 17.**Тел.:** 904-60-04-60. **Email**. ikromovich80 @mail.ru

Сведения об авторах: ***Гулов Амриддин Абдуалимович*** **–** Научно-исследовательский институт Таджикского национального университета. Научный сотрудник. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. **Тел**.: 900070758. **Email**. amridinjon@mail.ru.

Раджабов Сироджиддин Икромович - Таджикский национальный университет. Доктор химических наук., и.о., профессор, заведующей кафедрой органической химии. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. **Тел.:** 904-60-04-60. **Email**. ikromovich80 @mail.ru

Information about the authors*: Gulov Amriddin Abdualimovich* **–** The Research Institute of Tajik National University, Research assistant. 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17.**Phone**: 900-07-07-58. **E-mail**: amridinjon@ mail.ru. Address: 734025,

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

УДК 547.311.362.426

МОНОЭФИРЫ ТРИОЛОВ С ИЗОЛИРОВАННЫМИ КРАТНЫМИ СВЯЗЯМИ

И.У.Файзилов[1], М.Д.Исобаев[2], А.А.Абдиразоков[1]

[1]ГОУ «Таджикский государственный медицинский университет имени Абуали ибн Сино», [2]Институт химии им. В.И.Никитина НАНТ

Гидроксилсодержащие ацетиленовые, диацетиленовые и винилацетиленовые соединения и их производных проявляют гипотензивную, спазмолитическую, противовоспалительную, снотворную, желчегонную, антимикробную активность [1, с.424-427; 2, с. 1-8; 3, с. 154-157; 4, с. 20-110].

Ранее нами проведен синтез первично-дитретичных ениновых триолов с сопряженными кратными связями [5,с.987-992] , проведено разделение (Z- (цис)), (E-(транс)) изомеров относительно этиленовой связи и выявлена их высокая желчегонная и противовоспалительная активность. По желчегонной активности они значительно на 60-90% превосходят дегидрохолевую кислоту.

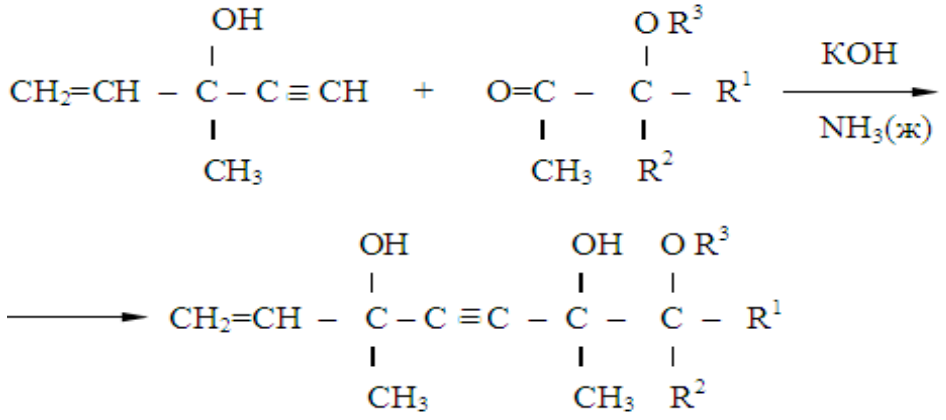
Данные триолы хорошо растворимы в воде, нетоксичны (ЛД=1350-1750 мг/кг) и имеют низкий индекс безопасности (К= $ЛД_{50}/ЭД_{50}$=300-480) [6,с.1-6, 7, с.1-5].

Установлено так же, что Е-изомер обладает большей желчегонной активностью, что обсуждено как следствие конформационного различия, обусловленного характером внутримолекулярных взаимодействий [8,с.681-688].

Для выяснения степени влияния сопряжения кратных связей на конформационную стабильность и фармакологические свойства разработан способ синтеза ениновых триолов с изолированными кратными связями. [9,с.26-29].

Сравнительное исследование фармакологических свойств показало, что ениновые триолы с изолированными кратными связями по желчегонной способности менее активны в сравнении с структурными аналогами с сопряженными кратными связями, но по противовоспалительным свойствам превосходят их, что стимулировало получение простых моноэфиров ениновых триолов с изолированными кратными связями.

Ниже приведена принципиальная схема синтез простых моноэфиров тритретичных ениновых триолов с изолированными кратными связями путём конденсации 3-метил-4-пентен-1-ин-3-ола с алкоксикетонами по схеме:



где: R^1= R^2= R^3=CH_3 (1); R^1= C_2H_5, R^2= R^3 = CH_3 (2); R^1 = R^2 = CH_3,R^3 = C_2H_5, (3); R^1 = R^3 = C_2H_5,,R^2 = CH_3 (4); R^3 = CH_3 (5); R^1 + R^2 = $(CH_2)_5$, R^3= C_2H_5 (6)

Реакцию проводили в среде жидкого аммиака при температуре -30 – 35 ^oC в присутствии порошкообразного едкого кали, количество которого взято из расчета 3-4 моль на один моль реагирующих веществ несколько выше, чем в случае конденсации алкоксикетонов. Время реакции также увеличивалось вдвое в случае с введением в реакцию конденсации алкоксикетонов. Образование побочных

продуктов не отмечено. Выход простых моноэфиров составляет 35-55%, что несколько меньше по сравнению с выходом ениновых триолов [9, с.28].

Меньшая реакционная способность алкоксикетонов в условиях реакции Фаворского, является следствием инактивирующей способности алкоксигруппы, которое экспериментально доказано в работе [10, с.99].

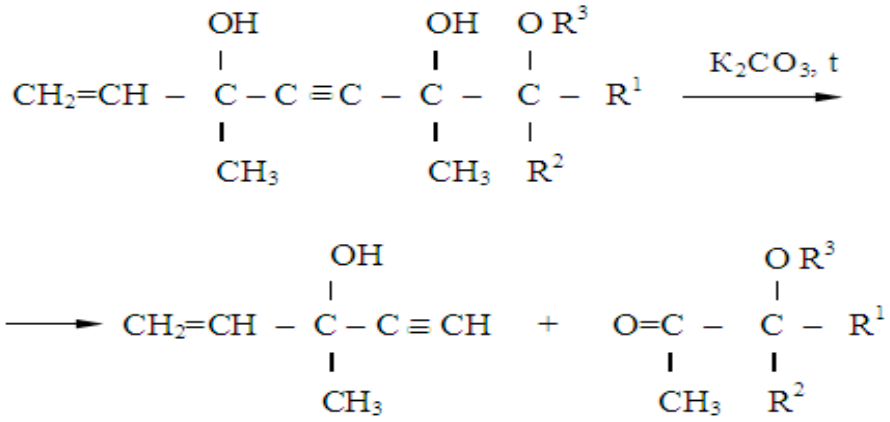
Состав и строение полученных соединений установлено по данным спектрального и элементного анализов. Основные физико-химические характеристики и данные элементного анализа приведены в таблице 1.

Таб.Физико-химические свойства синтезированных соединений
Table Physic-chemical properties of the synthesized compounds

соединение	**Соединение**	**Выход, %**	**Т.кип. °С(мм. рт.ст.)**	n_D^{50}	**Вычислено, %**		**Формула**	**Найдено, %**	
					С	**Н**		**С**	
	3,6,7-триме-тил-7-меток -си-1-октен-4-ин-3,6-диол	48	138-140 (1)	1.5207	67.92	9.43	$C_{12}H_{20}O_3$	67.79	0.08
	3,6,7-триме-тил-7-меток -си-1-нонен-4-ин-3,6-диол	55	144-146 (1)	1.5286	69.03	9.73	$C_{13}H_{22}O_3$	68.87	.86
	3,6,7-триме-тил-7-этоk -си-1-октен-4-ин-3,6-диол	46	151-152 (1)	1.5172	69.03	9.73	$C_{13}H_{22}O_3$	68.82	.84
	3,6,7-триме-тил-7-этоk -си-1-нонен-4-ин-3,6-диол	47.5	156-157 (1)	1.5244	70.00	10.0	$C_{14}H_{24}O_3$	69.86	0.16
	3,6-диметил-6-(1-метокси-циклогексил)-1-гексен-4-ин-3,6-диол	48	182-184 (1)	1.5332	71.43	9.52	$C_{15}H_{24}O_3$	71.29	.65
	3,6-диметил-6-(1-этоксицик-логексил)-1-гексен-4-ин-3,6-диол	35	190-194 (1)	1.5391	72.18	9.77	$C_{16}H_{26}O_3$	72.04	.90

ВИК-спектрах синтезированных соединений обнаружены полосы поглощения в области 3350 – 3400 $см^{-1}$,характеризующие валентные колебания группы ОН, полосы поглощения 1150 – 1180 $см^{-1}$, соответствующие колебаниям С-О третичных гидроксильных групп. Полосы поглощения в области 2825 – 2840 $см^{-1}$ характеризуют колебания метоксильных и этоксильных групп. Полосы поглощения в области 2100 – 2250$см^{-1}$ в спектрах характеризуют колебания -С$\equiv$С- связей, поглощение в области 1620-1640 $см^{-1}$ относятся к валентным колебаниям –С=С- связей.

Характерным свойством ацетиленовых, диацетиленовых и винилацетиленовых спиртов, гликолей и глицеринов является способность их распадаться при нагревании в присутствии щелочных агентов на исходные продукты, что является одним из методов доказательства их строения. С этой целью полученные соединения подвергались расщеплению при нагревании в присутствии небольшого количества поташа в слабом вакууме. Как и следовало ожидать, простые моноэфиры в этих условиях распадались на исходные продукты – ениновый спирт и алкоксикетоны:



Идентификация продуктов расщепления проводились по ИК –спектрам.

Экспериментальная часть. ИК-спектры сняты на приборе UR-20 «Specord» в области 400 – 3800 $см^{-1}$ в жидкой пленке.

Ениновый спирт: 3-метил-3-гидрокси-2-бутанон, т. кип. 57.5-59°С (50 мм.рт.ст.), n_d^{20}=1.4455 получен по [11,с.43-110].

Алкоксикетоны: 3-метил-3-метокси-2-пентанон, т. кип. 119-120°С n_d^{20}=1.4040; 3-метил-3-этокси-2-бутанон, т. кип. 132-133°С n_d^{20}=1.4081;

3-метил-3-метокси-2-пентанон, т. кип. 140-142°С n_d^{20}=1.4155; 3-метил-3-этокси-2-пентанон, т. кип. 146-147°С n_d^{20}=1.4176; 1-метил-(1-метоксициклогексил)кетон, т. кип. 41-43°С (3 мм.рт.ст.) , n_d^{20}=1.4567; 1-метил-(1-этоксициклогексил)кетон, т. кип. 55-58°С (3 мм.рт.ст.) , n_d^{20}=1.4648. Получены гидратацией соответствующих ацетиленовых эфиров по Кучерову, описанных в работе [12,с.268-270].

Простые моноэфиры ениновых триолов. Общий метод: 0.15 моля енинового спирта в 20 мл безводного эфира по каплям добавляли в течении 1 часа при сильном перемешивании к эмульсии 25 г порошкообразного едкого кали в 300 мл жидкого аммиака. Перемешивали в течении 1-2 ч., затем в реакционную смесь в течение 4 ч по каплям прибавили 0.15 моль кетоэфира в 50 мл безводного эфира. Реакционную смесь перемешивали еще 20-24 ч с перерывом на ночь и оставили до полного испарение аммиака. Образовавшийся комплекс разлагали водой, эфирные вытяжки объединили, нейтрализовали углекислотой, сушили сернокислым магнием. После удаления растворителя остаток перегоняли в вакууме и получали соответствующие простые моноэфиры ениновых триолов (1-6).

Расщепление простых моноэфиров ениновых триолов. Смесь из 3 г исследуемого вещества и 0.3 г поташа нагревали в колбе Вюрца и при небольшим остаточном давлением отгоняли жидкие продукты. При дальнейшем фракционировании были получены исходные ениновый спирт и кетоэфир.

ЛИТЕРАТУРА

1. Синтез физиологически активных веществ на основе диацетилена /А.В.Богданова, Г.П.Шемякина, А.И.Волков, Т.М.Ушакова// Химия диацетилена. – М.: Наука. – 1968. – с. 424-427.
2. Алкилтиоизопропенилацетиленовые карбинолы, проявляющие наркотическое, гипотензивное и противосудорожное действие / С.С. Сабиров, К.Х.Хайдаров, А.В.Гулин // А.С.928767 (СССР). – 1982.с. 1-8.
3. Синтез и нейтропная активность серосодержащих винилацетиленовых карбинолов / С.С. Сабиров, К.Х.Хайдаров, А.В.Гулин //Хим.фарм. журн. – 1986. – т.20. №2. –С. 154-157.
4. Сравнительное изучение противоэпилептического препарата карбатин / К.Х.Хайдаров (монография) //-Душанбе: «Дониш». – 2013. – 152 с.
5. Синтез первично – дитретичных ениновых триолов, их простых моноэфиров и их гидрирование / С,С. Сабиров, И.У. Файзилов, М.Д. Исобаев // ЖОрХ. -1986. – том 22. – вып. С. 987-992.
6. Ениновый триол, обладающий желчегонной активностью / С,С. Сабиров, И.У. Файзилов, К.Х. Хайдаров, У.Алиджонов // А.с. 1072409 (СССР). – 1983. С. 1-8.
7. 6,7-диметил-2-ундекен-4-ин-1,6,7-триол, обладающий желчегонной активностью / С,С. Сабиров, И.У. Файзилов, К.Х. Хайдаров, У. Алиджонов // А.с. 1128548 (СССР). – 1984. С. 1-8.

8. Конформация изомерных *Z,E*-ениновых триолов и диоксиальдегидов/ М.Д. Исобаев, И.У. Файзилов, С,С. Сабиров // Ж. «Теоретическая и экспериментальная химия.» - 1990. - № 6. –с. 681 – 688.
9. Синтез третретичных ениновых триолов с изолированными кратными связями / И.У. Файзилов, М.Д. Исобаев, Э.Х.Пулатов. К.Х.Хайдаров // Известия АН Республики Таджикистан, Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук – 2014. - № 2 (155). – с. 26 – 29.
10. Синтез третретичных диацетиленовых и предельных триолов, их простых моно-, ди- и триэфиров /Ф.С.Садриддинов// Дисс.канд. хим.наук. –Душанбе. -1976. –с. 99-103.
11. Синтез и взаимные превращения монозамещенных ацетиленов / А.В.Щелкунов, Р.Л. Васильева, А.А. Кричевский //- Алма – Ата: Наука, Казах. ССР. -1976. – с. 43-110.
12. Исследование в области простых эфиров и аминоэфиров,спиртов, гликолей и глицеринов ацетиленового и диацетиленового ряда / С.С.Сабиров // Дисс.докт. хим. наук. –Душанбе. -1974. С. 268-270.

REFERENCES LITERATURE

1. Synthesis of physiologically active substances based on diacetylene / A.V.Bogdanova, G.P. Shemyakina, A.I. Volkov, T.M.Ushakova // Chemistry of diacetylene. - M .: Science. - 1968 .- P. 424-427.
2. Alkylthioisopropenylacetylene carbinols exhibiting narcotic, hypotensive and anticonvulsant effects / S.S. Sabirov, K.Kh. Khaidarov, A.V. Gulin // A.S. 928767 (USSR). - 1982. -P. 1-8.
3. Synthesis and Neutropic Activity of Sulfur-Containing Vinyl Acetylene Carbinols / S.S. Sabirov, K.Kh. Khaidarov, A.V. Gulin // Chem. Pharm. zhurn. - 1986. - v. 20. № 2. -P. 154-157.
4. Comparative study of the antiepileptic drug carbatin / KH Khaidarov (monograph) // - Dushanbe: "Donish". - 2013 .- 152 p.
5. Synthesis of primary - di-tertiary enine triols, their simple monoesters and their hydrogenation / C. C. Sabirov, I.U. Faizilov, M.D. Isobaev // ZhORKh. -1986. - volume 22. - ISSUE. -P. 987-992.
6. Enin triol with choleretic activity / C, C. Sabirov, I.U. Faizilov, K.Kh. Khaidarov, U. Alidzhonov // A.S. 1072409 (USSR). - 1983. -P. 1-8.
7. 6,7-dimethyl-2-undeken-4-yn-1,6,7-triol with choleretic activity / C, C. Sabirov, I.U. Fayzilov, K.Kh. Khaidarov, U. Alidzhonov // A.S. 1128548 (USSR). - 1984. - P. 1-8.
8. Conformation of isomeric Z, E-enine triols and dioxyaldehydes / M.D. Isobaev, I.U. Faizilov, S, S. Sabirov // J. "Theoretical and Experimental Chemistry." - 1990. - No. 6. - P. 681 - 688.
9. Synthesis of tritretic enine triols with isolated multiple bonds / I.U. Faizilov, M.D. Isobaev, E.H. Pulatov. K.Kh. Khaidarov // Bulletin of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, Department of Physics and Mathematics, Chemical, Geological and Technical Sciences - 2014. - No. 2 (155). – P. 26 - 29.
10. Synthesis of tritretic diacetylene and limiting triols, their simple mono-, di- and triesters / F.S. Sadriddinov // Diss. chemical sciences. -Dushanbe. -1976. - P. 99-103.
11. Synthesis and mutual transformations of monosubstituted acetylenes / A.V. Shchelkunov, R.L. Vasilieva, A.A. Krichevsky // - Alma - Ata: Science, Kazakh. SSR. -1976. - P. 43-110.
12. Research in the field of ethers and aminoesters, alcohols, glycols and glycerols of the acetylene and diacetylene series / SS Sabirov // Diss. chem. sciences. -Dushanbe. -1974. - P. 268-270.

МОНОЭФИРҲОИ ТРИОЛҲО БО БАНДҲОИ КАРАТИИ ИЗОЛЯТСИЯШУДА

Бо конденсатсияи 3-метил-4-пентен-1-ин-3-ол бо алкоксикетонҳо шаш намояндаи дар адабиёт номаълуми моноэфирҳои содаи триолҳои қатори енинӣ ҳосил карда шудаанд. Реаксия дар муҳити аммиаки моеъ дар ҳарорати – (30-35) ºС бо иштироки агенти конденсатсиякунанда – ишқори калии хокашакл тибқи реаксияи Фаворский гузаронида шудааст. Шароити таҷрибавии гузаронидани реаксияи конденсатсия пешниҳод шудаанд. Таъсири алкоксигурӯҳ дар кетоэфирҳо ба баромади маҳсулҳои реаксия нишон дода шудаанд. Таркиб ва сохти пайвастагиҳои ҳосил карда шуда дар асоси нишондодҳои спектрӣ ва таҳлили элементӣ муқаррар карда шудаанд. Саҳеҳии моддаҳои ҳосил кардашуда боз бо роҳи тақсимшавии онҳо ба моддаҳои аввала – спирти енинӣ ва алкоксикетони мувофиқ бо реаксияи баръакси Фаворский исбот карда шудаанд.

Калидвожаҳо: спирти енинӣ, алкоксикетонҳо, бандҳои каратии изолятсияшуда, моноэфирҳои соддаи триолҳои сесеюминаи енинӣ, реаксияи Фаворский, хусусиятҳои конформатсионӣ, фаъолнокии талхачудокунӣ ва зиддиилтиҳобӣ, омили структурӣ.

МОНОЭФИРЫ ТРИОЛОВ С ИЗОЛИРОВАННЫМИ КРАТНЫМИ СВЯЗЯМИ

Конденсацией в условиях реакции Фаворского среде жидкого аммиака при температуре –(30-35) ^{O}C в присутствии порошкообразного едкого кали 3-метил-4-пентен-1-ин-3-ола с алкоксикетонами получены 6 представителей простых моноэфиров триолов енинового ряда. Приведены условия проведения данной реакции. Обнаружено влияние алкоксигруппы в кетоэфирах на выход продуктов реакции. Состав и строение полученных соединений установлен на основе спектральных данных и элементного анализа. Для доказательства полученных соединений проведено так же расщепление на исходные продукты – ениновый спирт и алкоксикетоны в условиях обратной реакции Фаворского.

Ключевые слова: ениновый спирт, алкоксикетоны, изолированные кратные связи, простые моноэфиры третретичных ениновых триолов, реакция Фаворского, конформационные особенности, желчегонная и противовоспалительная активность, структурный фактор.

TRIOL MONOESTERS WITH ISOLATED MULTIPLE BONDS

Condensation in the Favorsky reaction medium of liquid ammonia at a temperature of - (30-35) ^{0}C in the presence of powdered caustic potassium 3-methyl-4-penten-1-in-3-ol with alkoxyketones, 6 representatives of simple monoesters of the enin series triols were obtained. The conditions for this reaction are given. The effect of the alkoxygroup in ketoesters on the yield of reaction products was found. The composition and structure of the obtained compounds was determined based on spectral data

and elemental analysis. To prove the compounds obtained, splitting into the initial products – benzyl alcohol and alkoxyketones under the conditions of the Favorsky reverse reaction was also performed.

Keywords: gasoline alcohol, alkoxyketones, isolated multiple bonds, simple monoesters of tritretic ENIN triols, Favorsky reaction, conformational features, choleretic and anti-inflammatory activity, structural factor.

Маълумот дар бораи муаллифон: ***Файзилов Икром Усмонович*** – Донишгоҳи давлатии тиббии Авитсенна, номзади химия, дотсент, мудири кафедраи химияи биорганикӣ ва физикии коллоидӣ, **Суроға**: 734003, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, хиё. Рӯдакӣ, 139. E-mail: ikrom .fayzilov @ mail.ru. Телефон: (+992) 918-40-22-11
Исобаев Музафар Ҷумаевич – Институти химияи ба номи В.И.Никитини АМИТ, доктори илмҳои химия, профессор, мудири лабораторияи синтези органикӣ. **Суроға**: 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, кӯчаи Айнӣ 299/2. E-mail: coordin@yandex.ru. Телефон: (+992) 934-88-48-98
Абдиразоков Алланазар – Донишгоҳи давлатии тиббии Авитсенна, номзади илмҳои химия, дотсенти кафедраи химияи биорганикӣ ва физикии коллоид, **Суроға**: 734003, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 139. Телефон: (+992) 938-70- 64- 44

Сведения об авторах: ***Файзилов Икром Усмонович*** **–** Таджикский государственный медицинский университет имени Абуали ибни Сино, кандидат химических наук, доцент, заведующий кафедрой биоорганической и физколлоидной химии, **Адрес:** 734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки 139. E-mail: ikrom.fayzilov@mail.ru. Телефон: (+992)918-40-22-11
Исобаев Музафар Джумаевич – Институт химии имени В.И.Никитина Национальной академии наук Республики Таджикистан, доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией органического синтеза. **Адрес:** 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, улица Айни 299/2. E-mail: coordin@yandex.ru. Телефон: (+992)934-88-48-98
Абдиразоков Алланазар **–** Таджикский государственный медицинский университет имени Абуали ибни Сино, кандидат химических наук, доцент кафедры биоорганической и физколлоидной химии, **Адрес:** 734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки 139. Телефон: (+992)938-70-64-44

Information about the autors: ***Fayzilov Ikrom Usmonovich*** – Avicenna Tajik State Medical Universitu,Candidate of Chemical Sciences, professor, Head of the Departament of Bioorganic ande physical colloid chemistry. **Address:** 734003, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue 139. E-mail: ikrom.faizilov@mail.ru. Phone: (+992)918-40-22-11
Isobaev Musafar Jumaevich **–** Institute of Chemistry named after V.I.Nikitina, National Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, Doctor of Sciences (Chemistry), Professor, Head of the Laboratory of Organic Synthesis. **Address:** 734063, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Aini street 299/2. E-mail: coordin@yandex.ru**.** Phone: (+992)934-88-48-98
Abdirazokov Allanazar – Avicenna Tajik State Medical University, Candidate of Chemical Sciences, Assistant Professor of the Department of Bioorganic and physical colloid chemistry. **Address:** 734003, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue 139. E-mail: Phone: **(+992)938-70-64-44**

МУНДАРИҶА

МАТЕМАТИКА

Раҷабов Н. Муодилаи супер-сингулярии ҷинси се бо ядрои супер-сингулярӣ…… *5*

Юнусӣ М.Қ., Хайров Ҳ.С., Давлатов Д.М. Модели консептуалӣ ва математикии масъалаи паҳншавии вазни зиёди бадан ва бемории фарбеҳӣ..... *18*

Шерматов Н., Ғафоров А.Б. Алгоритмҳои ташаккули тақсимоти статистикии интихоб *25*

Одинаев Р.Н., Ҳакимиён С. Таҳлили регрессионии танзими анъана ва ҷашну маросимҳо дар Ҷумҳурии Тоҷикистон *37*

Ҷангибеков Г., Эшонқулов А. Оиди ҳалшавандагии як синфи муодилаҳои интегралии сингулярии Коши аз рӯи хатти каҷи сарбаста *46*

Зокиров С. Табдилдиҳии як тасвири интегралӣ…… *53*

Халилов Ш.Б., Халилова М.Ш. Оид ба корректияти масъалаи канорӣ барои як системаи ғайриқавии эллипсӣ дар фазои чорченак..... *58*

Собиров А.Ш. Муносибати бинарӣ ва намудҳои инъикос *66*

Комилиён Ф., Абдураҳмонов М. Асосҳои методӣ ва дастгоҳии амсиласозӣ дар обанборҳо *80*

Хоразмшоев С.С. Оид ба қиматҳои қутрҳои синфҳои функсияҳои даврӣ..... *88*

Ғаниев Ч. Дар бораи арзёбии дуҷонибаи ҳолати популятсияи модели, ки бо падидаи нооромии аҳолӣ алоқаманд аст..... *99*

Юнусӣ М., Азимов С., Гулов С. Асоскунии усули омехтаи фарқӣ барои муайянкунии шумораи популяции моделӣ бо назардошти вақт, синну сол ва мавқеи географӣ дар асоси схемаҳои локалии якченака ва равишҳои тағйирёбанда..... *105*

ФИЗИКА

Султонов Н., Хамрокулов Р.Б., Акобирова А.Т., Рахматов Б.А. Синтези пардаҳои поликристаллии теллуриди кадмий дар таҳлавҳаҳои ионокристаллиӣ *113*

Туйчиев Ш., Рашидов Д., Табаров С., Содиқов Ф., Дустов А. Таъсири графеноксидҳо ва наноалмосҳои модификатсияшуда ба сохтор, хосиятҳои гармӣ ва механикии полиметилмакрилат..... *120*

Исмонов Ф.Д., Маджидов Х.М., Гуломов М.М., Хубатхузин А.А., Неъматов А. Махкамова И.И., Джумъаев С.С. Муодилаи ҳолати Мамедов-Ахундов-Сафаров барои электролитҳои системаҳои H_2O + TiO_2 вобаста бо ҳароратҳо ва фишор… *127*

Салихов Т.Х., Исматов Т.Н. Оиди назарияи ташаккули майдони ҳароратии металҳо дар соҳаи майдони дастаи гаусии ионҳо…… *136*

Гадоев С.М. Равандҳои зудқулфшавӣ дар схемҳои интегралӣ……..... *142*

Раҳматов Б.А., Турин В.О., Зебрев Г.И., Ким Ч.Х., Инигез Б., Шур М.С. Моделсозии компактӣ барои ҷараёни саргаҳии транзистори майдонии органикии «беруна» дар асоси функсияи нави ҳамворкунанда бо коҳишёбии ҳамоҳангонаи гузаронандагии дифференсиалӣ..... *146*

Зарипов Ш.А., Кобулиев З.В., Зарипов Ҷ.А. Гармиғунҷоиши оҳан ва арматураи компазитӣ..... *156*

Холиқов М.М., Сафаров М.М. Коэффитсиент адсорбсия ва массадиҳии катализатори рутений дошта барои нейтрализатсияи газҳои ихроҷшудаи муҳаррики дарунсӯз..... *162*

ХИМИЯ

Ғаниев И.Н., Яқубов У.Ш., Ҳакимов А.Х., Ҷайлоев Ҷ.Х. Кинетикаи оксидшавии хӯлаи алюминийи АЖ5К10 бо калсий ҷавҳаронида шуда, дар ҳолати сахт..... *172*

Худойбердизода С.У., Ғаниев И.Н., Эшов Б.Б., Муллоева Н.М., Яқубов У.Ш. Таъсири теллур ба кинетикаи оксидшавии хӯлаи сурби ССу3, дар ҳолати сахт..... *181*

Суяров Қ.Ҷ., Лолаев С.Ш., Файзуллоев Э.Ф., Шеров Қ.М. Хусусиятҳои термодинамикии раванди хлоронидани силитсий дар автоклав..... *189*

Иброгимов Д.Э., Гулаҳмадов Ҳ.Ш., Маҷидов Т.С. Ҷабҳаҳои физикӣ-химиявии таъсири партовҳои КВД «Ширкати Алюминии тоҷик» ба вазъи экологии захираҳои обии минтақа..... *198*

Абдуллозода С.И., Муродова М.М. Синтез ва хосиятҳои пропанол ва изопропанол дар асоси эфирҳои кислотаҳои холанин..... *205*

Суяров Қ.Ҷ., Бобоев М.У., Ғоибова Г.Ҳ., Латипов А.А. Таҳқиқи хосиятҳои кислотагӣ-асосии намояндаҳои баъзе синфҳои пайвастаҳои узвӣ ҷиҳати татбиқи онҳо дар тиб..... *211*

Иброҳимов Д.Э., Гулаҳмадов Ҳ.Ш., Маҳмудова Т.М., Иброҳимов И.Э. Усули муфиди муайян намудани миқдори кислотаҳо дар таркиби равғани растаниҳо..... *221*

Умарали С., Солиев Л., Ҷабборзода Б., Усмонов М. Мувозинатҳои фазагии системаи Mg,Ca// SO_4,CO_3 - H_2O дар ҳарорати 0^oC..... *229*

Мухторов Л.Г., Иванова Е.В., Никишина М. Б., Каримов М.Б., Раҷабов С.И., Атрошенко Ю.М. Синтез ва ҳосилаҳои нави N^1,N^4-БИС(3-R-1,5-ДИНИТРО-3-АЗАБИСИКЛО[3.3.1]НОН-6-ЕН-6-ИЛ) терефталид..... *235*

Абдурахманов Э., Норкулов У.М., Абдурахманов И.Э., Қурбонова Д.А., Қурбонова М.З. Сенсори термокаталитикии гази табиӣ …….... *242*

Расулов С.А., Ёров М.Ё., Кимсанов А.Б., Рузиев Б.Т. Синтез ва омӯзиши хосиятҳои ҳосилаҳои бутилтиоаминопропанол-2……..… *251*

Гулов А.А., Раҷабов С.И. Реаксияи пайвастшавии фуллерен C_{60} бо баъзе ҳосилаҳои аминокислотагии глитсерин……..… *259*

Файзилов И.У., Исобаев М.Дж., Абдиразоков А. Моноэфирҳои триолҳо бо бандҳои каратии изолятсияшуда …… *268*

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

Раджабов Н. Сверх-сингулярные интегральные уравнения Вольтера третьего рода со сверх-сингулярным ядром…… *5*

Юнуси М.К., Хайров Х.С., Давлатов Д.М. Концептуально-математическая модель проблемы распространенности избыточной массы тела и ожирения…… *18*

Шерматов Н., Гафоров А.Б. Алгоритм образования статистического распределения выборки..... *25*

Одинаев Р.Н., Хакимиён С. Регрессионный анализ упорядочивания традиций, торжеств и обрядов в Республике Таджикистан…… *37*

Джангибеков Г., Эшонкулов А. О разрешимости одного класса сингулярных интегральных уравнений коши по замкнутому контуру…… *46*

Закиров С.Х. Обращение одного интегрального представления …… *53*

Халилов Ш.Б., Халилова М. Краевая задача для одной эллиптической системы в четырехмерном пространстве..... *58*

Собиров А.Ш. Бинарное отношение и виды отображений…… *66*

Комилиён Ф., Абдурахмонов М. Методологические основы и моделирование оборудования в водоемах..... *80*

Хоразмшоев С.С. О значении поперечников классов периодических функций…… *88*

Ганиев Ч. О двухсторонних оценках состояния модельных популяций, связанные с явлением популяционной турбулентности…… *99*

Юнуси М., Азимов С., Гулов С. Обоснование метода смешанных разностних схем оценки численности популяций с учетом временых, возрастных и географических положений на основе схем переменных направлений и локально одномемерного способа..... *105*

ФИЗИКА

Султонов Н., Хамрокулов Р.Б., Акобирова А.Т., Рахматов Б.А. Синтез поликристаллических пленок теллурида кадмия на монокристаллических подложках…… *113*

Туйчиев Ш., Рашидов Д., Табаров С., Содиков Ф., Дустов А. Влияние графеноксидов и модифицированных наноалмазов на структуру, тепловые и механические свойства полиметилметакрилата…… *120*

Исмонов Ф.Д., Маджидов Х.М., Гуломов М.М., Хубатхузин А.А., Неъматов А. Махкамова И.И., Джумъаев С.С. Уравнение состояния Мамедова – Ахундова – сафарова электролитов системы H_2o+TIO_2 при различных температурах и давлениях…… *127*

Салихов Т.Х., Исматов Т.Н. К теории формирования температурного поля металлов в поле гауссового пучка ионов…… *136*

Гадоев С.М. Процессы защёлкивания в интегральных схемах…… *142*

Рахматов Б.А., Турин В.О., Зебрев Г.И., Ким Ч.Х., Инигез Б., Шур М.С. Компактная модель для тока стока «внешнего» органического полевого транзистора на основе новой сглаживающей функции, обеспечивающей монотонное убывание дифференциальной проводимости…… *146*

Зарипов Ш.А., Кобулиев З.В., Зарипов Дж.А. Теплоемкости железа и композитных арматур…… *156*

Холиков М.М., Сафаров М.М. Коэффициент адсорбции массопереноса рутенового катализатора длянейтрализации выхлопных газов ДВС…… *162*

ХИМИЯ

Ганиев И.Н., Якубов У.Ш., Хакимов А.Х., Джайлоев Дж.Х. Высокотемпературное окислениеалюминиевого сплава АЖ5К10, модифицированного кальцием, в твердом состоянии…… *172*

Худойбердизода С.У., Ганиев И.Н., Эшов Б.Б., Муллоева Н.М., Якубов У.Ш. Влияние теллура на кинетику окисления свинцово-сурьмяного сплава ССу3, в твердом состоянии…… *181*

Суяров К.Дж., Лолаев С.Ш., Файзуллоев Э.Ф., Шеров К.М. Термодинамические особенности процесса автоклавного хлорирования кремния…… *189*

Ибрагимов Д.Э., Гулахмадов Ҳ.Ш., Маджидов Т.С. Физико-химические аспекты влияния отходов ГУП «Таджикской алюминиевой компании» на экологические обстановки водных ресурсов региона..... *198*

Абдуллозода С.И., Мурodова М.М. Синтез и свойства пропиловых и изопропиловых эфиров на основе холановых кислот…… *205*

Суяров К.Дж., Бобоев М.У., Гоибова Г.Х., Латипов А.А. Исследование кислотно-основных свойств представителей некоторых классов органических соединений с целью их применения в медицине..... *211*

Иброгимов Д.Э., Гулахмадов Х.Ш., Махмудова Т.М., Ибрагимов И.Э. Эффективный способ определения содержания кислот в составерастительныхмасел…… *221*

Умаралии С., Солиев Л., Джабборзода Б., Усмонов М. Фазовые равновесия системы $Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O$ при 0^oC …… *229*

Мухторов Л.Г., Иванова Е.В., Никишина М. Б., Каримов М.Б., Рачабов С.И., Атрошенко Ю.М. Синтез ва ҳосилаҳои нави N^1,N^4-БИС(3-R-1,5-ДИНИТРО-3-АЗАБИСИКЛО[3.3.1]НОН-6-ЕН-6-ИЛ) терефталид *235*

Абдурахманов Э., Норкулов У.М., Абдурахманов И.Э., Курбонова Д.А., Курбонова М.З. Селективный термокаталитический сенсор природного газа…… *242*

Расулов С.А., Ёров М.Ё., Кимсанов А.Б., Рузиев Б.Т. Синтез и исследование свойств производных бутилтиоаминопропанола-2…… *251*

Гулов А.А., Раджабов С.И. Реаксияи пайвастшавии фуллерен C_{60} бо баъзе ҳосилаҳои аминокислотагии глитсерин…… *259*

Файзилов И.У., Исобаев М.Дж., Абдиразоков А. Моноэфиры триолов с изолированными кратными связями *268*

CONTENTS

MATHEMATICS

Rajabov N. Third order super-sungular integral equation with super-singularity in kernels…… ***5***

Yunusi M. Q., Khayrov H. S., Davlatov D.M. Conceptual-mathematical model of the problem of the prevalence of overweight and obesity ***18***

Shermatov N., Gaforov A. B. Algorithm for formation of the statistical distribution of the sample..... ***25***

Odinaev R. N., Hakimiyon S.F. Regressional analysis of the streamlining of traditions, celebrations and rites in the Republic of Tajikistan…….. ***37***

Jangibekov G., Eshonqulov A. About solvability of one singular class Koshi integral equations by closed to contour…… ***46***

Zakirov S. Inversion of one integral representation……..……..… ***53***

Khalilov S.B., Khalilova M.Sh. Boundary-value problem for one elliptic system in four-dimensional space……..… ***58***

Sobirov A.Sh. Binary ratio and types of displays……..……..… ***66***

Komiliyon F., Abdurahmonov M. Methodological foundations and modeling of equipment in water bodies..... ***80***

Khorazmshoev S. S. Approximation of functions of class by linear positive operators…… ***88***

Ganiev Ch. On two-sided assessments of the state of model populations associated with the phenomenon of population turbulence…… ***99***

Yunusi M., Azimov S., Gulov S. Rationale of the method of mixed differences for estimating the number of models based on time, age and geographical location based on several schemes and approaches of the local method..... ***105***

PHYSICS

Sultonov N., Hamrokulov R. B., Akobirova A.T. Synthesis of polycrystalline films of cadmium telluride and study of their structure and electrical properties……. ***113***

Tuichiev Sh., Rashidov J., Tabarov S., Sodikov F., Dustov A. The effect of graphene oxides modified nanodiamonds on structure, thermal and mechanical properties of polymethylmethacrylate……..…… ***120***

Ismonov F.D., Majhidov H. M., Gulomov M.M., Khubatkhuzin A. A., Nematov A., Davlatov R.D., Makhkamova I. Equation of state (us) of Mamedov - Ahundov - safarov of electrolytes of the $H_2o + TiO_2$ system at different temperatures and pressures…….…… ***127***

Salikhov T., Ismatov T. To the theory of formation of the temperature field of metals in the field of a gaussian ion beam ***136***

Gadoev S.M. Latching processes in integrated circuits …… ***142***

Rakhmatov B. A., Turin V.O., Zebrev G.I., Kim Chang-Hyun, Iniguez Benjamin, Shur Mikhail Saulovich. Compact model for the drain current of an «extrinsic» organic field-effect transistor based on a new smoothing function providing a monotonic decrease in differential conductance …….…. ***146***

Zaripov S.A., Kobuliev Z. V., Zaripov J.A. Heat capacity of iron and composites of reinforcement ***156***

Kholikov M.M., Safarov M.M. Coefficient of adsorption and mass-release of ruten catalyst for neutralization of exhaust gas of ice…….. ***162***

CHEMISTRY

Ganiev I.N., Yakubov U. Sh., Khakimov A.Kh., Jayloev J.H. Kinetics of oxidation of aluminum alloy ALFE5SI10, modified with calcium, in the solid state..... ***172***

Khudoyberdizoda S.U., Ganiev I. N., Yakubov U.Sh., Mulloeva N.M., Eshov B. B. Influence of tellurium on the kinetics of oxidation of the lead-antimony alloy SSu3, in the solid state…….… ***181***

Suyarov Q. J., Lolaev S.Sh., Fayzulloev E. F., Sherov Q. M. Thermodynamic features of the autoclave chlorination of silicon ……..…. ***189***

Ibragimov D.E., Gulakhmadov H.Sh., Majhidov T.S. Physical and chemical aspects of the influence of waste of SUE "Tajik Aluminum Company" on the environmental situation of water resources of the region…… ***198***

Abdullozoda S.I., Murodova M.M. Synthesis and properties of propanol and isopropanol based on esters of cholanic acids …… ***205***

Suyarov Q.J., Boboev M. U., Goibova G.H., Latipov A.A. The study of acid-base properties of several classes of organic compounds for applications in medicine..... ***211***

Ibragimov I.E., Gulakhmadov H.Sh., Makhmudova T.M., Ibragimov D.E. Effective method for determining acid content in vegetable oils…….…… ***221***

Umarali Safarali, Soliev L., Jabborzoda B., Usmonov M. Phase equilibrium of system $Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O$ at 0°C… ***229***

Mukhtorov L. G., Ivanova E. V., Nikishina M. B., Karimov M.B., Rajabov Sirojiddin I., Atroshchenko Y.M. Synthesis of new derivatives of N^1,N^4-BIS(3-R-1,5-DINITRO-3-AZABICYCLO[3.3.1]NON-6-EN-6-Yl) terephthalamide……... ***235***

Abdurakhmanov E., Abdurakhmanov I.E., Norkulov U. M., Kurbanova D.A., Kurbonova M. Z. Selective thermo-catalytic natural gas sensor…….…… ***242***

Rasulov S.A., Yorov M. Y., Kimsanov A. B., Ruziev B.T. Synthesis and study of properties of derivatives alcoxyamines propanol-2……..... ***251***

Gulov A. A., Rajabov S. I. Reaction of joining of fulerena C_{60} with some derivatives peptide of glycerin……. ***259***

Fayzilov I.U., Isoboev M.J., Abdirazoqov A. Triol monoesters with isolated multiple bonds ……..… ***268***

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 быт 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 быт 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 быт 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. №3.

Над номером работали:
Ответственный редактор: М.Ибодова
Редактор серии естесвенных 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 70х108/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Тираж 200 экз. Уч. изд. л. 8,5, усл. п.л. 8.
Подписано в печать 22.09.2020. Заказ №2020/00-00