

ISSN 2663-6417

ПАЁМИ

ДОНИШГОҶИ ДАВЛАТИИ БОХТАР
ба номи НОСИРИ ХУСРАВ
(мачаллаи илмӣ)
СИЛСИЛАИ ИЛМҶОИ ТАБИЙ

ВЕСТНИК

БОХТАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
имени НОСИРА ХУСРАВА
(научный журнал)
СЕРИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

BULLETIN

OF BOKHTAR STATE UNIVERSITY
named after NOSIRI KHUSRAV
(scientific journal)
SERIES OF NATURAL SCIENCES

ДОНИШГОҶИ ДАВЛАТИИ БОХТАР
ба номи НОСИРИ ХУСРАВ
МАРКАЗИ ТАБЪУ НАШР, БАҶГАРДОН ВА ТАРҶУМА

БОХТАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени НОСИРА ХУСРАВА
ЦЕНТР ПЕРИОДИКИ, ПУБЛИКАЦИИ И ПЕРЕВОДА

ВOKHTAR STATE UNIVERSITY
named after NOSIRI KHUSRAV
CENTER OF PERIODICALS, PUBLISHING AND TRANSLATION

2/1 (132)

БОХТАР-2025

ПАЁМИ ДОНИШГОҶИ ДАВЛАТИИ БОХТАР БА НОМИ НОСИРИ ХУСРАВ

Муассиси маҷалла:

МДТ «Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав»

Маҷалла соли 2016 таъсис ёфта, соли 2018 тағйири ном кардааст.

Дар як сол 4 шумора нашр мегардад

САРМУҶАРРИР:

Қурбонзода Маҳмадалӣ
Раҳмат

доктори илмҳои иқтисодӣ, профессор, ректори МДТ
«Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав»

МУОВИНИ САРМУҶАРРИР:

Комилӣ Абдулхайр Шариғзода
доктори илмҳои физика-математика, профессор.

МУОВИНИ САРМУҶАРРИР:

Шамсудинов Файзулло Мамадуллоевич
доктори илмҳои физика-математика, профессор.

КОҶИБИ МАСЪУЛ:

Болтаев Малик Аҷикович
номзади илмҳои химия, дотсент.

ҲАЙАТИ ТАҲРИРИЯ:

01.00.00 – Илмҳои физикӣ-математикӣ

Раҷабов Нусрат Раҷабович
доктори илмҳои физика-математика, профессор, академики АМИТ.

Қурбонов Иқром Қурбонович
доктори илмҳои физика-математика, профессор, узви вобастаи АМИТ.

Табаров Абдулло Ҳабибуллоевич
доктори илмҳои физика-математика, профессор.

Сафаров Чумабой Сафарович
доктори илмҳои физика-математика, профессор.

02.00.00 – Химия

Бадалов Абдулхайр Бадалович
доктори илмҳои химия, профессор, узви вобастаи АМИТ.

Каримов Маҳмадқул Бобоевич
доктори илмҳои химия, профессор, узви вобастаи АМИТ.

Эшов Бахтиёр Бадалович
доктори илмҳои техника, профессор.

Ғафуров Бобомурод Абуҷаҳорович
доктори илмҳои химия, дотсент.

03.00.00 – Биология

Абдуллоев Абдуманнон Абдуллоевич
доктори илмҳои биология, профессор.

Сафарова Сафаргул Саидовна
номзади илмҳои биология, дотсент.

07.00.10 – Таърихи илм ва техника

Шерматов Дӯстназар Саидович
доктори илмҳои физика-математика, профессор.

Қурбонов Баҳром Раҳмонович
доктори илмҳои таърих, профессор.

Маҷалла ба Феҳристи нашрияҳои илмӣ тақризишавандаи Комиссияи олии аттестатсионии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон, аз 18.05.2021, ворид гардидааст.

Дар маҷалла мақолаҳои илмӣ соҳаҳои илмҳои физика-математика, химия, биология, таърихи илм ва техника барои ҷоп қабул карда мешаванд. Маҷалла мақолаҳои илмӣ муаллифноро аз рӯи ихтисосҳои зерин ба ҷоп қабул менамояд:

Физика-математика: 01.01.02, 01.01.04, 01.01.07, 01.02.01, 01.04.02, 02.04.14

Химия: 02.00.01, 02.00.02, 02.00.04, 02.00.05

Биология: 03.02.01, 03.02.04, 03.02.14

Таърихи илм ва техника: 07.00.10

Маҷалла дар Шохиси иқтибосҳои илмӣ Русия (РИНЦ) ворид карда шудааст.

Маҷалла ба забонҳои тоҷикӣ ва русӣ нашр мешавад.

Матни мукаммали маводи ҷопӣ дар сомонаи расмӣ маҷалла ҷойгир карда шудааст (www.bgu-n-vestniki.tj).

Паёми Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав.

Бохтар-2025. №2/1(132). ISSN 2663-6417

Маҷалла дар Вазорати фарҳанги Ҷумҳурии Тоҷикистон №316/МҶ-97, аз 27.11.2023 ба қайд гирифта шудааст.

Маҷалла дар Маркази таъбу нашр, баргардон ва тарҷумаи ДДБ ба номи Носири Хусрав таҳия мегардад.

Нишонии Марказ: 735140, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Бохтар, кӯчаи Айни, 67.

Сомонаи маҷалла: www.bgu-n-vestniki.tj

E-mail: bgu-vestniki@mail.ru

Тел.: (832 22) 2-44-61.



ВЕСТНИК БОХТАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
ИМЕНИ НОСИРА ХУСРАВА

Учредитель журнала:

ГОУ «Бохтарский государственный университет имени Носира Хусрава»

Журнал основан в 2016 году и переименован в 2018 г.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

Курбонзода Махмадали
Рахмат

доктор экономических наук, профессор, ректор ГОУ
«Бохтарский государственный университет имени Носира Хусрава»

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Комили Абдулхай Шарифзода доктор физико-математических наук, профессор.

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Шамсуддинов Файзулло мамудллоевич доктор физико-математических наук, профессор.

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ:

Болтаев Малик Ажикович кандидат химических наук, доцент

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЕГИИ:

01.00.00 – Физико-математические науки

Раджабов Нусрат Раджабович доктор физико-математических наук, профессор, академик НАНТ.
Курбонов Икром Курбонович доктор физико-математических наук, профессор, член.-корр. НАНТ
Табаров Абдулло Хабибуллоевич доктор физико-математических наук, профессор.
Сафаров Джумабой Сафарович доктор физико-математических наук, профессор.

02.00.00 – Химические науки

Бадалов Абдулхайр Бадалович доктор химических наук, профессор, член.-корр. НАНТ
Каримов Маматкул Бобоевич доктор химических наук, профессор, член.-корр. НАНТ
Эшов Бахтиёр Бадалович доктор технических наук, профессор
Гафуров Бобомурод Абдукахорович доктор химических наук, доцент

03.00.00 – Биологические науки

Абдуллоев Абдуманнон Абдуллоевич доктор биологических наук, профессор
Сафарова Сафаргул Саидовна кандидат биологических наук, доцент

07.00.10 – История науки и техники

Шерматов Дустназар Саидович доктор физико-математических наук, профессор
Курбонов Бахром Рахмонович доктор исторических наук, профессор

Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК при Президенте Республики Таджикистан от 18.05.2021 г.

Для публикации в журнале принимаются научные статьи по физико-математическим, химическим, биологическим наукам, а также истории науки и техники.

В журнале печатаются научные статьи по следующим отраслям науки и научным специальностям:

Физика-математика: 01.00.01, 01.01.04, 01.01.07, 01.02.01, 01.04.02, 01.04.14

Химия: 02.00.01, 02.00.02, 02.00.04, 02.00.05

Биология: 03.02.01, 03.02.14, 03.02.08, 03.02.14

История науки и техники: 07.00.10

Журнал включен в базу данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

Журнал печатается на таджикском и русском языках.

Полнотекстовые версии опубликованных материалов размещены на официальном сайте журнала (www.bgu-n-vestniki.tj).

Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. Бохтар-2025. №2/1(132). ISSN 2663-6417

Журнал зарегистрирован в Министерстве культуры Республики Таджикистан.

Свидетельство №316/МЧ-97, от 27.11.2023.

Журнал подготавливается к изданию в Издательском центре БГУ имени Носира Хусрава.

*Адрес Издательского центра:
735140, Республика Таджикистан,
г. Бохтар, улица Айни, 67.*

Сайт журнала: www.bgu-n-vestniki.tj

E-mail: bg-n-vestniki@mail.ru



BOKHTAR STATE UNIVERSITY NAMED AFTER NOSIRI KHUSRAV

Founder of the magazine:
SEI «Bokhtar State University named after Nosiri Khusrav»

The magazine was founded in 2008 and renamed in 2018.
The are 4 issues in a year.

CHIEF EDITOR:

Qurbonzoda Mahmadali
Rahmat

doctor of biological sciences, professor, rector of SEI
«Bokhtar State University named after Nosiri Khusrav»

DEPUTY CHIEF EDITOR:

Komili Abdulhai doctor of physical and mathematical
Sharifzoda sciences, professor.

DEPUTY CHIEF EDITOR:

Shamsuddinov Fayzullo doctor of physical and mathematical
Mamadulloevich sciences, professor

EXECUTIVE SECRETARY:

Boltaev Malik candidate of chemical
Ajikovich sciences, associate professor.

MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

01.00.00 –Physical and mathematical sciences

Rajabov Nusrat doctor of physical and mathematical
Rajabovich sciences, professor, academician of
the NAST.

Qurbonov Ikrom doctor of physical and mathematical
Qurbonovich sciences, professor, member-correspondent
of the NAST

Tabarov Abdullo doctor of physical and
Habibulloevich mathematical sciences, professor.

Safarov Jumaboi doctor of physical and
Safarovich mathematical sciences, professor.

02.00.00 – Chemical sciences

Badalov Abdulkhair doctor of chemical sciences, professor,
Badalovich member-correspondent of the NAST.

Karimov Mahmaddul doctor of chemical sciences, professor,
Boboevich member-correspondent of the NAST.

Eshov Bakhtiyor doctor of technical sciences, professor.
Badalovich

Gafurov Bobomurod doctor of chemical sciences,
Abduqahorovich associate professor.

03.00.00 – Biological sciences

Abdulloev doctor of biological sciences,
Abdumannon professor.
Abdulloevich

Safarova Safargul candidate of biological
Saidovna sciences, associate professor.

07.00.10 – History of science and technique

Shermatov Dustnazar doctor of physical and
Saidovich mathematical sciences, professor.

Qurbonov Bahrom doctor of historical sciences,
Rahmonovich professor.

The journal is included in the List of peer-reviewed scientific publications of the Higher Attestation Commission under the President of the Republic of Tajikistan from 18.05.2021.

The magazine accepts scientific articles on physical and mathematical, chemical, biological sciences, also history of science and techniques. The journal accepts scientific articles in the following branches of science and scientific specialties:

Physics and matematics: 01.01.01, 01.01.20, 01.01.07, 01.02.01, 01.04.02, 1.04.14

Chemistry: 02.00.01, 02.00.02, 02.00.04, 02.04.14

Biology: 03.02.01, 03.02.14, 03.02.08.

History of science and techniquess: 07.00.10

The journal is included in the database of the Russian Science Citation Index (RSCI). The magazine is published in Tajik and Russian.

Full-text versions of published materials are available on the journal's official website (www.bgu-n-vestniki.tj).

Bulletin of Bokhtar State University named after Nosiri Khusrav.

Bokhtar-2025. №2/1(132). ISSN 2663-6417 The magazine is registered with the Ministry of Culture of the Republic of Tajikistan.

Certificate №316/MJ-97, dated 27.11.2023.

The magazine is being prepared for publication Center of BSU named after Nosiri Khusrav.

*Publishing Center Address:
735140, Republic of Tajikistan,
Bokhtar city, Aini street, 67.*

Journal website: www.bgu-n-vestniki.tj

E-mail: bgv-vestniki@mail.ru

Phone: (832 22) 2-44-61.



УДК 511.331

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНЫХ ПАР К ОЦЕНКЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИХ СУММ

Хайруллоев Ш.А.

Таджикский национальный университет

Нули дзета-функции Римана, которые находятся на коротких интервалах критической прямой, представляют собой важную и сложную задачу в аналитической теории чисел. Дзета-функция Римана, аналитически продолженная на всю комплексную плоскость, за исключением единственной особой точки $s = 1$, послужила основой для множества значимых результатов в этой области.

При анализе числа нулей дзета-функции Римана на критической прямой ключевым этапом является оценка специальных тригонометрических сумм, которые имеют вид

$$W = \left| \sum_{\lambda_1 < \lambda_2 < P} \frac{a(\lambda_1)a(\lambda_2)}{\sqrt{\lambda_1\lambda_2}} \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1}\right)^{iT} B(\lambda_1)\overline{B(\lambda_2)} e^{-\left(\frac{H_1 \ln \lambda_2}{2\lambda_1}\right)^2} \right|,$$

где $T \geq T_0 > 0$, $B(\lambda)$ – произвольные комплексные числа с условием $|B(\lambda)| \leq B$, $H_1 = H + h$, $P = \sqrt{T/2\pi}$, $0 < X \leq P$, $0 < H < \sqrt[3]{T}$, $0 < \varepsilon < 0,001$, $h = A\mathcal{L}^{-1}$, $A \geq 10$, $\mathcal{L} = \ln T$,

$$a(\lambda) = \sum_{\lambda = nv_2/v_1} \frac{\beta(v_1)\beta(v_2)}{v_1},$$

$$v_1, v_2 \leq X, |\beta(v)| \leq 1.$$

Такую тригонометрическую сумму ранее оценил А.А. Карацуба [1]. Он доказал, что при $X = T^{0,01\varepsilon}$, $H = T^{\frac{27}{82} + \varepsilon}$, $0 < \varepsilon < 0,001$, $0 < \varepsilon_1 < 0,01$, имеет место оценка $W \ll B_0 T^{-\varepsilon}$, где $B_0 = \varepsilon_1^{-2} \mathcal{L}^{-2} + \varepsilon_1^{-1} A \mathcal{L}^{-2}$.

В данной работе с использованием метода экспоненциальных пар [2] и идей, представленных в работах [3]-[7], для специальных тригонометрических сумм W была получена новая нетривиальная оценка

Имеет место

Теорема. Пусть $X = T^{0,01\varepsilon}$, $H = T^{\frac{k+\lambda}{2(k+1)} + \varepsilon}$, (k, λ) – произвольная экспоненциальная пара, тогда для тригонометрической суммы W имеет место следующая оценка:

$$W \ll B T^{-0,9\varepsilon}.$$

Величина $\theta(k, \lambda) = \frac{k+\lambda}{2(k+1)}$ была минимизирована бельгийскими математиками J. Bourgain и N. Watt в 2015 году [8]. Они продемонстрировали, что

$$\theta_0 = \min_{k, \lambda \in \mathcal{P}} \theta(k, \lambda) = \min_{k, \lambda \in \mathcal{P}} \frac{k+\lambda}{2k+2} \leq \frac{1515}{4816} = \frac{1}{3} - \frac{271}{3 \cdot 4816} \approx 0,314576,$$

\mathcal{P} – множество всех экспоненциальных пар.

Применяя этот результат, получаем следующее

Следствия. Пусть ε – произвольное малое положительное число не превосходящее 0,001.

Тогда при $H = T^{\frac{1515}{4816} + \varepsilon}$ имеет место оценка

$$W \ll B T^{-0,9\varepsilon}.$$

Доказательство теоремы. Рассматриваем элементы суммы W , для которых выполняется неравенства $\lambda_2 > \lambda_1 \left(1 + \frac{\mathcal{L}}{H}\right)$; для этих элементов

$$\ln \frac{\lambda_2}{\lambda_1} > \ln \left(1 + \frac{\mathcal{L}}{H}\right) > \frac{\mathcal{L}}{2H}.$$

Часть суммы W , удовлетворяющая этим условиям, будем обозначать через W' ; тогда имеем

$$W' \ll B^2 e^{-\mathcal{L}^2/4} \left(\sum_{\lambda < P} \frac{a(\lambda)}{\sqrt{\lambda}} \right)^2 \ll B^2 e^{-\mathcal{L}^2/4} P X^3 \ll B^2 e^{-0,1\mathcal{L}^2}.$$

А теперь рассмотрим остальные элементы, удовлетворяющие условиям

$$\lambda_1 < \lambda_2 \leq \lambda_1 \left(1 + \frac{\mathcal{L}}{H}\right).$$

Интервал изменения чисел λ_1 разбиваем на целые числа Λ , образующие $\ll \mathcal{L}$ интервалов, где $\Lambda < \lambda_1 \leq \Lambda_1 \leq 2\Lambda$. Обозначив $W(\Lambda)$ как наибольшую полученную сумму, получаем следующее неравенство:

$$W \ll \mathcal{L}W(\Lambda) + B^2 e^{-0,1\mathcal{L}^2}.$$

Если $\Lambda \leq HX^{-2}\mathcal{L}^{-1}$, то, поскольку числа λ_1 и λ_2 – рациональны с знаменателем, меньшим X , получим

$$\lambda_1 = \frac{a_1}{b_1}, \quad \lambda_2 = \frac{a_2}{b_2}, \quad \lambda_2 > \lambda_1, \quad b_1, b_2 \leq X,$$

$$\lambda_2 - \lambda_1 = \frac{a_1 b_2 - a_2 b_1}{b_1 b_2} \geq \frac{1}{X^2},$$

поэтому

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = 1 + \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_1} \geq 1 + \frac{1}{\lambda_1 X^2} \geq 1 + 0,5H^{-1}\mathcal{L}.$$

Оценивая сумму $W(\Lambda)$ при $\Lambda \leq HX^{-2}\mathcal{L}^{-1}$, аналогично сумме W' , находим, что

$$W(\Lambda) = O(B^2 e^{-0,1\mathcal{L}^2}).$$

Обратно, предполагаем, что $\Lambda > HX^{-2}\mathcal{L}^{-1}$. Пусть $B(\lambda) = 1$, в случае, когда $W(\Lambda)$ получена из W_0 и $B(\lambda)$, в случае когда $W(\Lambda)$ получена из W . Тогда имеем

$$W(\Lambda) = \left| \sum_{\Lambda < \lambda_1 \leq \Lambda_1} \sum_{\lambda_1 < \lambda_2 \leq \lambda_1(1+H^{-1}\mathcal{L})} \frac{a(\lambda_1)a(\lambda_2)}{\sqrt{\lambda_1\lambda_2}} \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1}\right)^{iT} B(\lambda_1)\overline{B(\lambda_2)} e^{-\left(\frac{H_1 \ln \frac{\lambda_2}{\lambda_1}}{2}\right)^2} \right|,$$

$$HX^{-2}\mathcal{L}^{-1} < \Lambda < \Lambda_1 \leq 2\Lambda < P.$$

Используя формулы для $a(\lambda_1)$ и $a(\lambda_2)$, находим

$$W(\Lambda) = \left| \sum_{\Lambda < \frac{n_1 v_1}{v_2} \leq \Lambda_1} \sum_{\frac{n_1 v_1}{v_2} < \frac{n_2 v_3}{v_4} \leq \frac{n_1 v_1}{v_2}(1+H^{-1}\mathcal{L})} \frac{\beta(v_1)\beta(v_2)\beta(v_3)\beta(v_4)}{\sqrt{n_1 n_2 v_1 v_2 v_3 v_4}} \left(\frac{n_2 v_2 v_3}{n_1 v_1 v_4}\right)^{iT} \times \right.$$

$$\left. \times B\left(\frac{n_1 v_1}{v_2}\right) \overline{B\left(\frac{n_2 v_3}{v_4}\right)} e^{-\left(\frac{H_1 \ln \frac{n_2 v_2 v_3}{n_1 v_1 v_4}}{2}\right)^2} \right|.$$

Зафиксируем v_1, v_2, v_3, v_4 ; пусть $\frac{v_2 v_3}{v_1 v_4} = \frac{a}{b}$, $(a, b) = 1$. Полагаем $N = \Lambda v_2 / v_1$, $N_1 = \Lambda_1 v_2 / v_1$, рассмотрим сумму W_1 по n_1, n_2 ,

$$W_1 = \left| \sum_{N < n_1 \leq N_1} \sum_{n_1 b a^{-1} < n_2 \leq n_1 b a^{-1}(1+H^{-1}\mathcal{L})} \frac{1}{\sqrt{n_1 n_2}} \left(\frac{n_2 a}{n_1 b}\right)^{iT} \times \right.$$

$$\left. \times B\left(\frac{n_1 v_1}{v_2}\right) \overline{B\left(\frac{n_2 v_3}{v_4}\right)} e^{-\left(\frac{H_1 \ln \frac{n_2 a}{n_1 b}}{2}\right)^2} \right|.$$

Справедливо соотношение:

$$W(\Lambda) \leq \sum_{v_1, v_2, v_3, v_4} \frac{1}{\sqrt{v_1 v_2 v_3 v_4}} W_1.$$

Далее оценим W_1 . Представим n_1 и n_2 как элементы арифметических прогрессий с разностями a и b соответственно. Тогда для n_1 имеем:

$$n_1 = a m_1 + r_1, \quad 0 \leq r_1 < a, \quad (N - r_1)a^{-1} < m_1 \leq (N_1 - r_1)a^{-1},$$

а для n_2

$$n_2 = b m_2 + r_2, \quad 0 \leq r_2 < b,$$

при этом:

$$m_1 + r_1 a^{-1} - r_2 b^{-1} < m_2 \leq m_1 + r_1 a^{-1} - r_2 b^{-1} + (m_1 + r_1 a^{-1})H^{-1}\mathcal{L}.$$

Введем обозначения:

$$\xi = r_1 a^{-1} - r_2 b^{-1} \quad \text{и} \quad \xi_1 = (m_1 + r_1 a^{-1})H^{-1}\mathcal{L}.$$

Выполнив суммирование по внешним элементам r_1 и r_2 , получаем следующее соотношение:

$$W_1 \leq \sum_{0 \leq r_1 < a} \sum_{0 \leq r_2 < b} W_2,$$

где

$$W_2 = \left| \sum_{(N-r_1)a^{-1} < m_1 \leq (N_1-r_1)a^{-1}} \sum_{m_1+\xi < m_2 \leq m_1+\xi+\xi_1} \frac{1}{\sqrt{(am_1+r_1)(bm_2+r_2)}} \times \right. \\ \left. \times \left(\frac{m_2+r_2b^{-1}}{m_1+r_1a^{-1}} \right)^{iT} B \left(\frac{(am_1+r_1)v_1}{v_2} \right) \overline{B \left(\frac{(bm_2+r_2)v_3}{v_4} \right)} e^{-\left(\frac{H_1}{2} \ln \frac{m_2+r_2b^{-1}}{m_1+r_1a^{-1}} \right)^2} \right|.$$

Предположим, что $m_2 = m_1 + h$; тогда из соотношения

$$1 < \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{n_2 v_2 v_3}{n_1 v_1 v_4} = \frac{n_2 a}{n_1 b} = \frac{(bm_2+r_2)a}{(am_1+r_1)b} = \frac{m_2+r_2b^{-1}}{m_1+r_1a^{-1}} = \frac{m_1+h+r_2b^{-1}}{m_1+r_1a^{-1}}$$

вытекает, что $h \geq 0$, но если $h = 0$, тогда $r_2b^{-1} > r_1a^{-1}$, поэтому

$$W_2 = \left| \sum_{(N-r_1)a^{-1} < m_1 \leq (N_1-r_1)a^{-1}} \sum_{\xi < h \leq \xi+\xi_1} \frac{B_1(m_1)B_2(m_1;h)}{\sqrt{(am_1+r_1)(bm_1+r+r_2)}} \times \right. \\ \left. \times \left(\frac{m_1+h+r_2b^{-1}}{m_1+r_1a^{-1}} \right)^{iT} e^{-\left(\frac{H_1}{2} \ln \frac{m_1+h+r_2b^{-1}}{m_1+r_1a^{-1}} \right)^2} \right|,$$

где

$$B_1(m_1) = B \left(\frac{(am_1+r_1)v_1}{v_2} \right), \\ \overline{B_2(m_1;h)} = \overline{B \left(\frac{(bm_1+bh+r_2)v_3}{v_4} \right)}.$$

Переставив порядок суммирования по h и m_1 , получаем следующее неравенство:

$$W_2 \leq \frac{1}{\sqrt{ab}} \sum_{0 \leq h \leq H_2} \left| \sum_{M < m \leq M_1} E(m,h) \left(\frac{m+h+\xi_3}{m+\xi_2} \right)^{iT} \right|,$$

где использованы новые обозначения:

$$E(m,h) = \frac{B_1(m_1)B_2(m;h)}{\sqrt{(m+\xi_2)(m+h+\xi_3)}} e^{-\left(\frac{H_1}{2} \ln \frac{m+h+\xi_3}{m+\xi_2} \right)^2}, \\ H_2 = 2N_1a^{-1}H^{-1}L, \quad \xi_2 = r_1a^{-1}, \\ \xi_3 = r_2b^{-1}, \quad Na^{-1} < M \leq M_1 \leq N_1a^{-1}.$$

В выражении для W_2 применим преобразования Абеля к внутренней сумме по m , в результате чего получаем

$$\sum_{M < m \leq M_1} E(m,h) \left(\frac{m+h+\xi_3}{m+\xi_2} \right)^{iT} = - \int_M^{M_1} C(u) E_u'(u,h) du + E(M_1,h) C(M_1),$$

где

$$C(u) = \sum_{M < m \leq u} e \left(\frac{T}{2\pi} \ln \frac{m+h+\xi_3}{m+\xi_2} \right), \quad |E(u,h)| \leq \frac{B_0^2}{u}.$$

Так как функция $E(u,h)$ является кусочно монотонной, при переходе к оценкам получаем

$$\left| \sum_{M < m \leq M_1} E(u,h) \left(\frac{m+h+\xi_3}{m+\xi_2} \right)^{iT} \right| \ll \frac{B_0^2}{M} \max_{u \leq M_1} |C(u)|.$$

Таким образом, находим

$$W_2 \leq \frac{B_0^2}{M\sqrt{ab}} \sum_{0 \leq h \leq H_2} \left| \sum_{M < m \leq u} e \left(\frac{T}{2\pi} \ln \frac{m+h+\xi_3}{m+\xi_2} \right) \right|.$$

Оценка тригонометрической суммы $C(u)$. Применим метод экспоненциальных пар для оценки суммы $C(u)$.

Пусть

$$f(u) = \frac{T}{2\pi} \ln \frac{u+h+\xi_3}{u+\xi_2},$$

$$B = u - M \leq M_1 - M \leq M,$$

$$A = \frac{T|h+\xi_3-\xi_2|}{M^2}.$$

Находим производную k -го порядка от функции $f(u)$ ($k = 1, 2, \dots$):

$$f^{(k)}(u) = \frac{(-1)^k (k-1)! T (h+\xi_3-\xi_2)}{2\pi} \sum_{j=0}^{k-1} \frac{1}{(u+\xi_2)^{k+j} (u+h+\xi_3)^{k-j}}.$$

Согласно определению экспоненциальных пар, условие

$$AB^{1-k} \ll f^{(k)}(u) \ll AB^{1-k}$$

выполняется. Таким образом, для любой экспоненциальной пары $(\kappa; \lambda)$ получаем

$$W_2 \ll \frac{B_0^2}{M\sqrt{ab}} \sum_{0 \leq h \leq H_2} \left(\frac{T|h+\xi_1-\xi_2|}{M^2} \right)^\kappa M^\lambda.$$

Учитывая, что

$$|h+\xi_1-\xi_2| \ll H_2 \ll Na^{-1}H^{-1}L, \quad Na^{-1} < M \leq 2Na^{-1},$$

найдем

$$W_2 \ll \frac{B_0^2}{\sqrt{ab}} M^{-1-2\kappa+\lambda} T^\kappa H_2^{\kappa+1} \ll$$

$$\ll \frac{B_0^2}{\sqrt{ab}} (Na^{-1})^{-1-2\kappa+\lambda} T^\kappa \left(\frac{NL}{aH} \right)^{\kappa+1} \ll$$

$$\ll \frac{B_0^2}{\sqrt{ab}} N^{-\kappa+\lambda} a^{\lambda-\kappa} T^\kappa H^{-\kappa-1} \mathcal{L}^{\kappa+1}.$$

Подставив полученную оценку для W_2 в выражение для W_1 , получаем

$$W_1 \leq \sum_{0 \leq r_1 < a} \sum_{0 \leq r_2 < b} \frac{B_0^2}{\sqrt{ab}} N^{-\kappa+\lambda} a^{\lambda-\kappa} T^\kappa H^{-\kappa-1} \mathcal{L}^{\kappa+1} \ll$$

$$\ll B_0^2 N^{-\kappa+\lambda} a^{0,5+\lambda-\kappa} b^{0,5} T^\kappa H^{-\kappa-1} \mathcal{L}^{\kappa+1}.$$

Имея в виду, что

$$N = \frac{\Lambda v_2}{v_1}, \quad \frac{a}{b} = \frac{v_2 v_3}{v_1 v_4}, \quad 0,5 + \lambda - \kappa > 0,5,$$

находим

$$W_1 \ll B_0^2 \Lambda^{\lambda-\kappa} v_2^{\lambda-\kappa} v_1^{\kappa-\lambda} (v_2 v_3)^{0,5+\lambda-\kappa} (v_1 v_4)^{0,5} T^\kappa H^{-\kappa-1} \mathcal{L}^{\kappa+1} =$$

$$= v_1^{0,5+\kappa-\lambda} v_2^{2(\lambda-\kappa)+0,5} v_3^{0,5+\lambda-\kappa} v_4^{0,5} T^\kappa H^{-\kappa-1} \mathcal{L}^{\kappa+1} B_0^2 \Lambda^{\lambda-\kappa}.$$

Подставив найденную оценку для W_1 в формуле для $W(\Lambda)$ и суммируя по v_1, v_2, v_3, v_4 получим

$$W(\Lambda) \leq \sum_{v_1, v_2, v_3, v_4} v_1^{\kappa-\lambda} v_2^{2(\lambda-\kappa)} v_3^{\lambda-\kappa} T^\kappa H^{-\kappa-1} \mathcal{L}^{\kappa+1} B_0^2 \Lambda^{\lambda-\kappa} \ll$$

$$\ll \Lambda^{\lambda-\kappa} T^\kappa H^{-\kappa-1} X^{4+2(\lambda-\kappa)} \mathcal{L}^{\kappa+1}.$$

Поскольку

$$HX^{-2}\mathcal{L}^{-1} < \Lambda < P = \sqrt{\frac{T}{2\pi}} \text{ и } 0 \leq \lambda - \kappa \leq 1,$$

тогда

$$W(\Lambda) \ll B_0^2 T^{\frac{\lambda-\kappa}{2}+\kappa} H^{-\kappa-1} X^{4+2(\lambda-\kappa)} \mathcal{L}^{\kappa+1} \ll$$

$$\ll B_0^2 T^{\frac{\kappa+\lambda}{2}} H^{-\kappa-1} X^{4+2(\lambda-\kappa)} \mathcal{L}^{\kappa+1} \ll$$

$$\ll B_0^2 T^{\frac{\kappa+\lambda}{2}} X^6 \mathcal{L}^{\kappa+1} H^{-\kappa-1} \ll B_0^2 T^{\frac{\kappa+\lambda}{2}} H^{-\kappa-1} X^7.$$

Согласно теореме, $H = T^{\frac{\kappa+\lambda}{2(\kappa+1)}+\varepsilon}$, а также в соответствии с определением экспоненциальных пар $0 \leq k \leq 0,5$, поэтому имеем:

$$\begin{aligned} W(\Lambda) &\ll B_0^2 T^{\frac{\kappa+\lambda}{2}+0,07\varepsilon} H^{-\kappa-1} = \\ &= B_0^2 \left(\frac{T^{\frac{\kappa+\lambda}{2(\kappa+1)}+\frac{0,07\varepsilon}{\kappa+1}}}{H} \right)^{\kappa+1} \ll B_0^2 \left(\frac{T^{\frac{\kappa+\lambda}{2(\kappa+1)}+\frac{0,07\varepsilon}{\kappa+1}}}{T^{\frac{\kappa+\lambda}{2(\kappa+1)}+\varepsilon}} \right)^{\kappa+1} = \\ &= B_0^2 T^{-(\kappa+1)\varepsilon+0,07\varepsilon} = B_0^2 T^{-\varepsilon+\varepsilon(0,07-\kappa)} \leq B_0^2 T^{-\varepsilon+0,07\varepsilon} = B_0^2 T^{-0,93\varepsilon}. \end{aligned}$$

Подставив найденную оценку для $W(\Lambda)$ в выражение для W и вспомнив определение величин B и B_0 , получаем:

$$W \ll \mathcal{L}W(\Lambda) + B^2 e^{-0,1\mathcal{L}^2} \ll B_0^2 T^{-0,93\varepsilon} \mathcal{L} + B^2 e^{-0,1\mathcal{L}^2} \ll BT^{-0,9\varepsilon},$$

что и требовалось доказать.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Карацуба А.А. О нулях функции $\zeta(s)$ на коротких промежутках критической прямой // Изв. АН СССР. Серия математическая. – 1984. Т. 48. – №3. – С. 569-584.
2. Graham S.W., Kolesnik G. Vander Corput's Method of Exponential sums // Cambridge university press. 1991. – Cambridge, New York, Port Chester, Melbourne, Sydney.
3. Хайруллоев Ш.А. О вещественных нулях производной функции Харди // Чебышевский сборник. – 2021. Т. 22. Вып. 5 (81). – С. 235-242.
4. Хайруллоев Ш.А. О нулях арифметических рядов Дирихле, не имеющих Эйлерова произведения // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. – 2018. – №4(173). – С. 7-25.
5. Хайруллоев Ш.А. О равномерных по параметрам оценках специальных тригонометрических сумм // Доклады Национальной Академии наук Таджикистана. – 2023. Т. 66. – №9-10. – С. 487-493.
6. Хайруллоев Ш.А. Оценка количества нулей функции Дэвенпорта-Хейльбронна, лежащих на критической прямой / Материалы международной конференции Воронежская зимняя математическая школа «Современные методы теории функций и смежные проблемы». – Воронеж. 27 января – 1 февраля 2023 г. – С. 331-332.
7. Хайруллоев Ш.А. Оценка специальных кратных тригонометрических сумм / VII международная научная конференция «Нелокальные краевые задачи и родственные проблемы математической биологии, информатики и физики» (4-8 декабря 2023 года). – Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия. – С. 285-286.
8. Bourgain J. and Watt N. Decoupling for perturbed cones and mean square of $|\zeta(0,5+it)|$ // <http://arxiv.org/abs/1505.04161v1> [math.NT], 15 May 2015.

ТАДБИҚИ УСУЛИ ЧУФТҲОИ ЭКСПОНЕНЦИАЛӢ БАРОИ БАҲОИ СУММАҲОИ МАХСУСИ ТРИГОНОМЕТРӢ

Дар мақола масъалаҳои назарияи аналитикии ададҳо, ки ба омӯзиши миқдори нулҳои тартиби токи зета-функсияи Риман дар порчаҳои кӯтоҳи хати рости критикӣ, барои порчаҳои дарозшавон кӯтоҳбуда, таҳқиқ карда шудааст. Бо истифода аз усулҳои муосир, махсусан, усули чуфтҳои экспоненсиалӣ, баҳои нави мунтазам аз рӯи параметрҳои барои суммаҳои каратии тригонометрӣ, ки хангоми таҳқиқи нулҳои тартиби токи зета-функсияи Риман истифода мешавад, гирифта шудааст. Масъалаи баҳои ғайритривиалии ин гуна суммаҳо нисбат ба параметри H , ба масъалаи оптимизатсияи чуфтҳои экспоненсиалӣ оварда шудааст. Натиҷаи гирифташуда, натиҷаи маълуми А.А. Карасубаро оид ба баҳои суммаҳои махсуси тригонометрӣ, бехтар менамояд.

КАЛИДВОЖАҲО: зета-функсияи Риман, чуфтҳои экспоненсиалӣ, хати рости критикӣ, суммаи тригонометрӣ, миқдори нулҳои тартиби токи, дарозии порча, баҳои ғайритривиалӣ, доимии мутлақ, порчаи кӯтоҳ.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ: Хайруллоев Шамсулло Амруллоевич, доктори илмҳои физикаю математика, профессори кафедраи алгебра ва назарияи ададҳои Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Тел.: (+992) 988-88-91-26; e-mail: shamsullo@rambler.ru

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНЫХ ПАР К ОЦЕНКЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИХ СУММ

В работе исследуются задачи аналитической теории чисел, касающиеся изучению количество нулей нечётного порядка дзета-функции Римана в коротких промежутках критической прямой, в случае когда промежуток имеет более короткую длину. Применяя современные методы, а именно метод экспоненциальных пар, получена новая оценка кратных тригонометрических сумм, которое применяется

при исследовании нули нечётного порядка дзета-функции Римана в коротких промежутках критической прямой. Задача о нетривиальности оценки таких тригонометрических сумм относительно параметра H , сведена к проблеме оптимизации экспоненциальных пар. Полученная в настоящей работе результат является улучшением результата А.А. Карацубы об оценке специальных тригонометрических сумм.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дзета-функция Римана, экспоненциальная пара, критическая прямая, тригонометрическая сумма, количество нулей нечётного порядка, нетривиальная оценка, абсолютная постоянная, короткая промежуток.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Хайруллоев Шамсулло Амруллоевич, доктор физико-математических наук, профессор кафедры алгебры и теории чисел Таджикского национального университета. Тел.: (+992) 988-88-91-26; e-mail: shamsullo@rambler.ru

APPLICATION OF THE METHOD OF EXPONENTIAL PAIRS TO THE ESTIMATION OF SPECIAL TRIGONOMETRIC SUMS

The paper studies problems of analytical number theory related to the study of the number of odd-order zeros of the Riemann zeta function in short intervals of the critical line, in the case when the interval has a shorter length. Using modern methods, namely the exponential pair method, a new estimate of multiple trigonometric sums is obtained, which is used in the study of odd-order zeros of the Riemann zeta function in short intervals of the critical line. The problem of non-triviality of the estimate of such trigonometric sums with respect to the parameter H is reduced to the problem of optimization of exponential pairs. The result obtained in this paper is an improvement of A.A. Karatsuba's result on the estimate of special trigonometric sums.

KEY WORDS: Riemann zeta function, exponential pair, critical line, trigonometric sum, number of odd-order zeros, nontrivial estimate, absolute constant, short interval.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR: Khairulloev Shamsullo Amrulloevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Algebra and Number Theory at Tajik National University. Phone: (+992) 988-88-91-26; e-mail: shamsullo@rambler.ru

УДК 517.346.9:538.3

ПОЛУЧЕНИЕ ТОЧНОЕ РЕШЕНИЕ СИСТЕМА УРАВНЕНИЙ МАКСВЕЛЛА МЕТОДОМ РАЗЛОЖЕНИЯ ПО ЭЛЛИПТИЧЕСКИМ ФУНКЦИЯМ ЯКОБИ

Сайдалиев Х.П.

Бохтарский государственный университет имени Носира Хусрава

На плоскости x, t рассматриваем систему вида

$$\begin{aligned} -\frac{\partial H}{\partial x} &= \frac{\partial(D(E))}{\partial t} + J(E), \\ \frac{\partial E}{\partial x} &= -\frac{\partial(B(H))}{\partial t}, \end{aligned} \quad (1)$$

с материальными уравнениями

$$D(E) = \tilde{\varepsilon}E^3, \quad J(E) = \tilde{\sigma} \frac{\partial^3 E}{\partial x^2 \partial t}, \quad B(H) = \mu H, \quad (2)$$

где $\tilde{\varepsilon}, \tilde{\sigma}, \mu$ – const.

Всюду в дальнейшем понимается, как известно $E(x, t)$ – напряженность электрического поля, $H(x, t)$ – напряженность магнитного поля, $D(E)$ – электрическая индукция, $J(x, t)$ – электрическая сила. С физической точки зрения в зависимости от этих величин получается задача (1) и (2). Однако мы рассматриваем только математические приёмы для получения решений.

Подставляя определяющие уравнение (2) в системе (1), получим

$$\begin{aligned} -\frac{\partial H}{\partial x} &= 3\tilde{\varepsilon}E^2 \frac{\partial E}{\partial t} + \tilde{\sigma} \frac{\partial^3 E}{\partial x^2 \partial t}, \\ \frac{\partial E}{\partial x} &= -\mu \frac{\partial H}{\partial t}. \end{aligned} \quad (3)$$

Полученная система дифференциальных уравнений с частными производными, нелинейная и однородная. Для этой системы будем искать волновые решения с помощью эллиптических функций Якоби.

С помощью замена переменных вида

$$E(x, t) = E(\xi), \quad H(x, t) = H(\xi) \quad (4)$$

для функции $E(x, t)$ и $H(x, t)$, где $\xi = k(x - ct)$ переходим к сложной функции одной переменной.

Итак, используя (4) из системы дифференциальных уравнений с частными производными (3), получим следующей системы обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned} \frac{dH}{d\xi} - 3\tilde{\varepsilon}cE^2 \frac{dE}{d\xi} - \tilde{\delta}ck^2 \frac{d^3E}{d\xi^3} &= 0, \\ \frac{dE}{d\xi} - \mu c \frac{dH}{d\xi} &= 0, \end{aligned} \quad (5)$$

где $\tilde{\varepsilon}, c, \tilde{\delta}, \mu, k$ – неравные нулю постоянные.

Решение для системы обыкновенных дифференциальных уравнений (5) будем искать, методом разложения по эллиптическим функциям Якоби.

Методом разложения решение системы (5) ищем в виде

$$E(\xi) = a_0 + a_1 \operatorname{sn} \xi, \quad H(\xi) = b_0 + b_1 \operatorname{sn} \xi \quad (6)$$

где a_0, a_1, b_0, b_1 пока неизвестные коэффициенты.

Теорема 1. Пусть все коэффициенты системы дифференциальных уравнений (5) отличные от нуля постоянные.

Тогда задача (1) – (2) имеет точные периодические решения с помощью $\operatorname{sn} \xi$ -синус амплитуда функции Якоби, при выполнении условия

$$m^2 + 1 = \frac{-1}{\mu c^2 k^2 \tilde{\delta}}, \quad 0 < m < 1, \quad (7)$$

где m – модуль эллиптической функции Якоби.

Доказательство. Подставляя (6) в (5) получим систему эллиптических функций

$$\begin{aligned} b_1 - 3c\tilde{\varepsilon}a_0^2 a_1 + \tilde{\delta}ck^2(m^2 + 1)a_1 - 6c\tilde{\varepsilon}a_0 a_1^2 \operatorname{sn} \xi - \\ -(3c\tilde{\varepsilon}a_1^3 + 6c\tilde{\delta}k^2 m^2 a_1) \operatorname{sn}^2 \xi &= 0, \\ a_1 - \mu c b_1 &= 0. \end{aligned} \quad (8)$$

Приравнивая, коэффициенты при одинаковых степенях функции $\operatorname{sn} \xi$ к нулю, приходим к следующей системе алгебраических уравнений

$$\begin{aligned} b_1 - 3c\tilde{\varepsilon}a_0^2 a_1 + \tilde{\delta}ck^2(m^2 + 1)a_1 &= 0, \\ -6c\tilde{\varepsilon}a_0 a_1^2 &= 0, \\ -3c\tilde{\varepsilon}a_1^3 - 6c\tilde{\delta}k^2 m^2 a_1 &= 0, \\ a_1 - \mu c b_1 &= 0. \end{aligned} \quad (9)$$

Решая систему алгебраических уравнений (9) определяем неизвестные коэффициенты (6) в виде

$$a_0 = 0, \quad a_1 = \pm \sqrt{\frac{-2\tilde{\delta}}{\tilde{\varepsilon}}} km, \quad b_0 = 0, \quad b_1 = \frac{\pm km}{\mu c} \sqrt{\frac{-2\tilde{\delta}}{\tilde{\varepsilon}}}. \quad (10)$$

Отсюда получим точные периодические решения поставленной задачи с помощью $\operatorname{sn} \xi$ функции Якоби

$$\begin{aligned} E(x, t) &= \pm \sqrt{\frac{-2\tilde{\delta}}{\tilde{\varepsilon}}} km \operatorname{sn}(k(x - ct)), \\ H(x, t) &= \frac{\pm km}{\mu c} \sqrt{\frac{-2\tilde{\delta}}{\tilde{\varepsilon}}} \operatorname{sn}(k(x - ct)), \end{aligned} \quad (11)$$

при условии $m^2 + 1 = \frac{-1}{\mu c^2 k^2 \tilde{\delta}}$.

Теперь решение задачи (1) – (2) будем искать с помощью $\operatorname{cn} \xi$ – косинус амплитуды функции Якоби в виде

$$E = a_0 + a_1 \operatorname{cn} \xi, \quad H = b_0 + b_1 \operatorname{cn} \xi, \quad (12)$$

где a_0, a_1, b_0, b_1 – неизвестные постоянные.

Теорема 2. Пусть все коэффициенты системы обыкновенных уравнений (5) отличные от нуля постоянные.

Тогда задача (1) – (2) имеет точное периодическое решение с помощью $\operatorname{cn} \xi$ – косинус амплитуды функция Якоби при условии

$$1 - 2m^2 = \frac{-1}{\mu c^2 k^2 \tilde{\delta}}, \quad (0 < m < 1) \quad (13)$$

где m – модуль эллиптической функции Якоби.

Доказательство: Подставляя (12) в системе обыкновенных дифференциальных уравнений (5), и после несложных операций определяем его неизвестные коэффициенты в виде

$$a_0 = 0, \quad a_1 = \pm \sqrt{\frac{2\tilde{\delta}}{\tilde{\varepsilon}}} km, \quad b_0 = 0, \quad b_1 = \pm \frac{km}{\mu c} \sqrt{\frac{2\tilde{\delta}}{\tilde{\varepsilon}}} \quad (14)$$

Отсюда определяем следующее точное периодическое решение задачи (1) – (2) с помощью $\text{cn } \xi$ – косинус амплитуды функция Якоби

$$\begin{aligned} E(x, t) &= \pm \sqrt{\frac{2\tilde{\delta}}{\tilde{\varepsilon}}} km \text{cn}(k(x - ct)), \\ H(x, t) &= \pm \frac{km}{\mu} \sqrt{\frac{2\tilde{\delta}}{\tilde{\varepsilon}}} \text{cn}(k(x - ct)), \end{aligned} \quad (15)$$

при условии $1 - 2m^2 = \frac{-1}{\mu c^2 k^2 \tilde{\delta}}$, ($0 < m < 1$).

Аналогичным образом будем искать решение поставленной задачи с помощью $\text{dn } \xi$ – дельта амплитуды функции Якоби вида

$$E = a_0 + a_1 \text{dn } \xi, \quad H = b_0 + b_1 \text{dn } \xi \quad (16)$$

где a_0, a_1, b_0, b_1 пока неизвестные постоянные.

Теорема 3. Пусть все коэффициенты системы обыкновенных дифференциальных уравнений (5) отличные от нуля постоянные.

Тогда задача (1) – (2) имеет точное периодическое решение с помощью $\text{dn } \xi$ функции Якоби при условии

$$m^2 - 2 = \frac{-1}{\mu c^2 k^2 \tilde{\delta}} \quad \text{или} \quad m^2 = 2 - \frac{1}{\mu c^2 k^2 \tilde{\delta}}, \quad 0 < m < 1, \quad (17)$$

где m - модуль эллиптической функции Якоби.

Доказательство. Подставляя (17) в системе обыкновенных уравнений (5) как выше доказанные теоремы, после некоторых вычислений, находим

$$a_0 = 0, \quad a_1 = \pm \sqrt{\frac{2\tilde{\delta}}{\tilde{\varepsilon}}} k, \quad b_0 = 0, \quad b_1 = \pm \frac{k}{\mu c} \sqrt{\frac{2\tilde{\delta}}{\tilde{\varepsilon}}}. \quad (18)$$

Итак, с помощью (18) определяем следующие точные периодические решение задача (1) – (2)

$$\begin{aligned} E(x, t) &= \pm \sqrt{\frac{2\tilde{\delta}}{\tilde{\varepsilon}}} k \text{dn}(k(x - ct)), \\ H(x, t) &= \pm \frac{k}{\mu c} \sqrt{\frac{2\tilde{\delta}}{\tilde{\varepsilon}}} \text{dn}(k(x - ct)), \end{aligned}$$

при условии $m^2 - 2 = \frac{-1}{\mu c^2 k^2 \tilde{\delta}}$.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Liu S.K., Fu Z.T., Liu S.D., Q.Zhao Jacobi elliptic function expansion method and periodic wave solutions of nonlinear wave equations // J. Physics Letters A. – Moscow, 2001. – Vol. 289. – P. 69-74.
2. Кудряшов Н.А. Аналитическая теория нелинейных дифференциальных уравнений. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. – 360 с.
3. Курбанов И. Краевые задачи электродинамики. – Киев: Ин-т математики АН УССР, 1989.
4. Сафаров Д.С. Об одном обобщении КдФ-уравнения / Сб. научных трудов «Нелинейные краевые задачи математической физики и их приложения». – Киев, 1996. – С. 240.
5. Сикорский Ю.С. Элементы теории эллиптических Функций: с приложениями к механике. – М.: КомКнига, 2006. – 368 с.
6. Сафаров Д.С. Об одном обобщении КдФ уравнения // Не. ур. мат.физ. – Киев, 1996. – С. 98-101.
7. Сафаров Д.С., Миратов С.К. О решении обобщенного уравнения Дуффинга с многими постоянными отклонениями аргумента // Вестник БГУ им. Носира Хусрава. Серия естественных наук. – 2019. – №2/2 (63). – С. 12-16.
8. Сафаров Д.С., Миратов С.К. О решении одного класса дифференциальных уравнений второго порядка с постоянными отклонениями аргумента // Доклады НАНТ. – 2021. Т. 64. – №9-10. – С. 515-525.

9. Сафаров Д.С. О решении уравнения Дуффинга с отклоняющимся аргументом / Материалы Девятой Международной теплофизической школы (6-11 октября). – Душанбе; – Москва; – Тамбов, – 2014.

ҲОСИЛ КАРДАНИ ҲАЛЛИ АНИҚИ СИСТЕМАИ МУОДИЛАҲОИ МАКСВЕЛ БО ИСТИФОДАИ УСУЛИ ПАҲНКУНИ АЗ РҶИ ФУНКСИЯҲОИ ЭЛЛИПТИКИИ ЯКОБИ

Дар мақола ҳалҳои аниқу даврӣ барои системаи муодилаҳои Максвелл ифода шудааст. Барои ёфтани ҳал усули паҳнкуни аз рӯи функсияҳои Якоби истифода шудааст, ки ёфтани ҳал ба осонӣ ба даст меояд. Ин усул аслан барои масъалаҳои ғайрихаттӣ бисёр мувофиқ мебошад. Усули паҳнкуни бо ёрии муодилаҳои материалӣ барои масъалаҳои гуногуни соҳаи электродинамика ва чандирии электромагнитӣ мувофиқ меояд ва натиҷаҳои хуб низ ҳосил мекунад. Дар мақола ҳалҳо бо ёрии функсияҳои эллиптикии $\operatorname{sn} \xi$ – синус амплитуда, $\operatorname{cn} \xi$ – косинус амплитуда ва $\operatorname{dn} \xi$ – дельта амплитудаи Якоби нишон дода шудааст.

КАЛИДВОЖАҲО: электродинамика, чандирии электромагнитӣ, муодилаҳои материалӣ, функсияҳои эллиптикӣ, методи паҳнкуни.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН: Сайдалиев Ҳомид Пирхонович, номзади илмҳои физикаю математика, дотсенти кафедраи таҳлили математикӣ ва муодилаҳои дифференсиалии Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав. E-mail: homid-1978@mail.ru.

ПОЛУЧЕНИЕ ТОЧНОЕ РЕШЕНИЕ СИСТЕМА УРАВНЕНИЙ МАКСВЕЛЛА МЕТОДОМ РАЗЛОЖЕНИЯ ПО ЭЛЛИПТИЧЕСКИМ ФУНКЦИЯМ ЯКОБИ

В работе находится точные периодические решения системы уравнения Максвелла. Для получения решения используется метод разложение по эллиптическим функциям Якоби, который очень легко приведет нас к цели. Такой метод нахождения решений, применима для уравнений и систем уравнений нелинейного вида. Метод разложения с помощью материальных уравнений подходит для решения различных задач в области электродинамики, электромагнитоупругости, и получаются хорошие результаты. В статье находятся решение при помощи $\operatorname{sn} \xi$ – синус амплитуды, $\operatorname{cn} \xi$ – косинус амплитуды и $\operatorname{dn} \xi$ – дельта амплитуды функции Якоби.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электродинамика, электромагнито-упругости, материальные уравнения, эллиптические функции, метод разложения.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Сайдалиев Ҳомид Пирхонович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математического анализа и дифференциальных уравнений Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. E-mail: homid-1978@mail.ru.

OBTAINING THE EXACT SOLUTION OF MAXWELL EQUATION SYSTEM BY THE METHOD OF DECOMPOSITION ON ELLIPTIC JACOBI FUNCTIONS

In this paper the exact periodic solution of the system of Maxwell's equation is found. To obtain the solution, the method of decomposition by elliptic and Jacobi functions is used, which will lead us to the solution very easily. This method of finding solutions is applicable to equations and system of equations of nonlinear form. The method of decomposition with the help of material equations is suitable for various problems, the field of electrodynamics and electromagnetoelasticity, and good results are obtained. The paper contains the solution by using $\operatorname{sn} \xi$ - sine of amplitude, $\operatorname{cn} \xi$ - cosine of amplitude and $\operatorname{dn} \xi$ - delta of amplitude of Jacobi function.

KEY WORDS: electrodynamics, electromagneto-elasticity, material equations, elliptic functions, decomposition method.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR: Saidaliev Homid Pirkhonovich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Mathematical Analysis and Differential Equations at Bokhtar State University named after Nosiri Khusrav. E-mail: homid-1978@mail.ru.

УДК 517.92

СИНГУЛЯРНО ВОЗМУЩЕННОЕ ИНТЕГРАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ С ВЫРОЖДАЮЩИМСЯ ЯДРОМ

Туйчиев О.Дж.

Худжандский государственный университет имени академика Б. Гафурова

В данной статье рассматриваются сингулярно возмущенные интегральные уравнения вида

$$\varepsilon^2 y(t, \varepsilon) = \int_0^t (t-s) K(t, s) y(s, \varepsilon) ds + h(t) \quad t \in [0, T] \quad (1)$$

ядро которых $(t-s)K(t, s)$ обращается тождественно в нуль при $s = t$ ($K(t, t) \neq 0 \quad \forall t \in [0, T]$). Для построения асимптотического решения уравнения (1) (при $\varepsilon \rightarrow +0$) сведем его (дифференцированием по t) к интегро-дифференциальному уравнению

$$\varepsilon^2 \frac{dy}{dt} = \int_0^t \left[K(t, s) + (t-s) \frac{\partial K(t, s)}{\partial t} \right] y(s, \varepsilon) ds + \dot{h}(t), \quad y(0, \varepsilon) = \frac{h(0)}{\varepsilon^2}, \quad (2)$$

которое при $\varepsilon = 0$ переходит в интегральное уравнение Вольтерра первого рода

$$\int_0^t \left[K(t, s) + (t - s) \frac{\partial K(t, s)}{\partial t} \right] \hat{y}(s, \varepsilon) ds + \dot{h}(t) = 0$$

Такие интегро-дифференциальные уравнения с позиций метода регуляризации [3, с. 252-260] ранее не рассматривались. Основной проблемой, как уже отмечалось выше, является описание сингулярности в системе (1), порождаемых особой точкой $\varepsilon = 0$. Поскольку спектр диагонального ядра здесь нулевой (ибо $(t - s) K(t, s) \equiv 0$ при $t = s$), то не ясно, какие функции отменяет за описание сингулярности. Уравнения, типа (1) не рассматривались и с позиций других методов. Имеется частный результат [3, с. 62-64], касающийся построения приближенного решения интегрального уравнения первого рода.

$$\int_0^t K(t, s) y(s) ds = f_0(t) \quad (3)$$

в предположении его разрешимости на отрезке $[0, T]$ и при условия вырожденности диагонального ядра $K(t, t)$. В работе [1, с. 148] предлагается вместо исходного уравнения (3) рассмотреть интегро-дифференциальное уравнение

$$\varepsilon z'(t) + \int_0^t K(t, s) z(s) ds = f_\varepsilon(t), \quad z(0) = b(\varepsilon) \quad (4)$$

со специальными правой частью $f_\varepsilon(t)$ и начальным условием $b(\varepsilon)$. При этом доказывается, что решение уравнения (3) можно приближать в непрерывной метрике решением интегро-дифференциального уравнения (4). Данный результат является качественным. Методика, используемая при его доказательстве, не позволяет построить асимптотическое решение задачи (1) или (4) любого порядка (по ε); кроме того, с ее помощью не удастся ответить на вопрос, какие сингулярности участвуют в решении уравнения (1) с вырожденным ядром.

В настоящей статье, с целью решения указанных проблем делается акцент на развитии алгоритма метода регуляризации для сингулярно возмущенных уравнений с вырождающимися ядрами. При этом рассматриваются произвольные правые части $h(t)$. Для построения асимптотического решения можно было бы продолжить процесс дифференцирования уравнения. Однако повторное дифференцирование сильно усложняет уравнение (5), поэтому применение его не целесообразно с вычислительной точки зрения.

Принципиальным моментом в методе регуляризации [3] является описание сингулярностей. Обычно сингулярность описываются спектром предельного оператора, но и в (1), и в (2) предельный оператор не имеет спектра. Что же отвечает за сингулярность в этом случае? Можно было бы ответить на этот вопрос, предположив, что сингулярности имеет вид экспонент $\exp\left\{\left(\frac{1}{\varepsilon}\right) \int_0^t \lambda_j(\theta) d\theta\right\}$, где $\lambda_j(t)$ пока неизвестные функции. Производя затем регуляризацию исходной задачи, разработав соответствующий алгоритм метода регуляризации, можно было бы найти и сами функции $\lambda_j(t)$. Однако можно поступить проще.

Продифференцируем еще раз уравнение (2) по t . Получим задачу

$$\varepsilon^2 \frac{d^2 y}{dt^2} = K(t, t) y + \int_0^t \left(2 \frac{\partial K(t, s)}{\partial t} + (t - s) \frac{\partial^2 K(t, s)}{\partial t^2} \right) y(s, \varepsilon) ds + \ddot{h}(t),$$

$$y(0, \varepsilon) = \frac{h(0)}{\varepsilon^2}, \quad \dot{y}(0, \varepsilon) = \frac{\dot{h}(0)}{\varepsilon^2}. \quad (5)$$

Отсюда, кстати, видно, что повторное дифференцирование сильно усложняет уравнение, но мы не собираемся его исследовать. Нам нужна лишь информации о сингулярностях в его решении. Поскольку $K(t, t) \neq 0$, то сингулярность описывают спектром предельного оператора задачи (5), т.е. функциями, удовлетворяющими алгебраическому уравнению $\lambda^2(t) - K(t, t) = 0$.

Если $K(t, t) > 0$ то $\lambda_{1,2} = \pm \sqrt{K(t, t)}$. Тогда из метода регуляризации следует, что в решение задачи (5) (а значит, и в решении исходного уравнения (1)) сингулярность описывают двумя экспонентами:

$$\exp\left\{-\left(\frac{1}{\varepsilon}\right) \int_0^t \sqrt{K(\theta, \theta)} d\theta\right\}, \quad \exp\left\{\left(\frac{1}{\varepsilon}\right) \int_0^t \sqrt{K(\theta, \theta)} d\theta\right\}.$$

Первая из них стремится к нулю (при $\varepsilon \rightarrow +0$ и при $t \neq 0$), а вторая - к бесконечности. Формальное решение при $K(t, t) > 0$ будет неустойчивым, поэтому данный случай рассматривать не будем. Заметим, однако, что для развиваемого ниже формализма знак $K(t, t)$ несуществен.

Регуляризация задачи. Разрешимость итерационных задач

Нам будет удобнее вместо исходного уравнения (1) рассматривать задачу (2). Алгоритм построения регуляризованного асимптотического решения уравнения (1) будем развивать в предположении, что функции $K(t, s)$ и $h(t)$ удовлетворяют требованиям:

- 1) $K(t, s) \in C^\infty(0 \leq s \leq t \leq T \leq R^1)$, $h(t) \in C^\infty([0, T], C^1)$;
- 2) $K(t, t) < 0 (\forall t \in [0, T])$.

Введем регуляризирующие функции $\tau_j = \left(\frac{1}{\varepsilon}\right) \int_0^t \lambda_j(\theta) d\theta \equiv \frac{\psi_j(t)}{\varepsilon}, j = 1, 2$,

где $\lambda_1 \equiv -i\sqrt{-K(t, t)}$, $\lambda_2 \equiv +i\sqrt{-K(t, t)}$. Тогда для функции $\tilde{y} = \tilde{y}(t, \tau, \varepsilon)$ переменных $t, \tau = (\tau_1, \tau_2)$ и ε естественно поставить следующую задачу:

$$\varepsilon^2 \frac{\partial \tilde{y}}{\partial t} + \varepsilon L \tilde{y} - \int_0^t G(t, s) \tilde{y} \left(s, \frac{\psi(s)}{\varepsilon}, \varepsilon\right) ds = \dot{h}(t), \quad y(0, 0, \varepsilon) = \frac{h(0)}{\varepsilon^2}, \quad (6)$$

где введены обозначения:

$$L \equiv \lambda_1 \frac{\partial}{\partial \tau_1} + \lambda_2 \frac{\partial}{\partial \tau_2}, \quad G(t, s) \equiv K(t, s) + (t - s) \frac{\partial K(t, s)}{\partial t}.$$

$$\psi(t) \equiv (\psi_1(t), \psi_2(t))$$

Задачу (6) нельзя считать «расширенной» по отношению к исходной (2), так как в ней не произведена регуляризация интегрального члена $I \tilde{y} \equiv \int_0^t G(t, s) \tilde{y} \left(s, \frac{\psi(s)}{\varepsilon}, \varepsilon\right) ds$.

Для регуляризации последнего надо описать класс M_ε , асимптотически инвариантный (при $\varepsilon \rightarrow +0$) относительно оператора I [3, с. 62-64].

Определение 1. Будем говорить, что функции $y(t, \tau)$ принадлежит классу U , если она представима в виде суммы

$$y(t, \tau) = y_1(t) e^{\tau_1} + y_2(t) e^{\tau_2} + y_0(t), \quad (7)$$

с коэффициентами $y_j \in C^\infty([0, T]C^1)$, $j = 1, 2$.

В качестве класса M_ε возьмем сужение класса U при $\tau = \frac{\psi(t)}{\varepsilon}$. Покажем что $U|_{\tau = \frac{\psi(t)}{\varepsilon}}$ инвариантен относительно интегральному оператору I .

Подставляя (7) в $I y$, будем иметь

$$I y(t, \tau) \int_0^t G(t, s) y_1(s) \exp\left(\frac{1}{\varepsilon} \int_0^t \lambda_1(\theta) d\theta\right) ds +$$

$$+ \int_0^t G(t, s) y_2(s) \exp\left(\frac{1}{\varepsilon} \int_0^t \lambda_2(\theta) d\theta\right) ds + \int_0^t G(t, s) y_0(s) ds.$$

Интегралы, содержащие экспоненты, представим в виде ряда по степеням ε , используя операцию интегрирования по частям:

$$J_j(t, \varepsilon) \equiv \int_0^t G(t, s) y_j(s) \exp\left(\frac{1}{\varepsilon} \int_0^s \lambda_j(\theta) d\theta\right) ds \equiv$$

$$\equiv \varepsilon \left[\frac{G(t, t) y_j(t)}{\lambda_j(t)} e^{\tau_j} - \frac{G(t, 0) y_j(0)}{\lambda_j(0)} \right] -$$

$$- \varepsilon^2 \left[\frac{1}{\lambda_j(t)} \left(\frac{\partial}{\partial s} \frac{G(t, s) y_j(s)}{\lambda_j(s)} \right)_{s=t} e^{\tau_j} - \frac{1}{\lambda_j(0)} \left(\frac{\partial}{\partial s} \frac{G(t, s) y_j(s)}{\lambda_j(s)} \right)_{s=0} \right] +$$

$$+ \sum_{m=2}^{\infty} (-1)^m \varepsilon^{m+1} \left[\left(I_j^m (G(t, s) y_j(s)) \right)_{s=t} e^{\tau_j} - \left(I_j^m (G(t, s) y_j(s)) \right)_{s=0} \right], \quad (8)$$

где $\tau = \frac{\psi(t)}{\varepsilon}$, а операторы I_j^m , имеют вид

$$I_j^0 = \frac{1}{\lambda_j(s)}, \quad I_j^m = \frac{1}{\lambda_j(s)} \frac{\partial}{\partial s} I_j^{m-1}, \quad m \geq 1, \quad j = 1, 2.$$

Нетрудно показать, что полученный ряд сходится асимптотически к интегралу $J_j(t, \varepsilon)$ при $\varepsilon \rightarrow +0$. Это и означает, что класс M_ε асимптотически инвариантен оператору $I \tilde{y}$. Построим теперь расширение оператора I .

Пусть дан ряд

$$\tilde{y}(t, \tau, s) = \sum_{k=-2}^{\infty} \varepsilon^k y_k(t, \tau), \quad (9)$$

с коэффициентами $y_k(t, \tau) \in U$. Применяя к нему формально оператор I и используя формулы (8), запишем образ $I \tilde{y}$ в виде

$$\begin{aligned} I \tilde{y} &= \sum_{k=-2}^{\infty} \varepsilon^k \left[\int_0^t G(t, s) y_0^{(k)}(s) ds + \right. \\ &+ \left. \sum_{m=0}^{\infty} (-1)^m \varepsilon^{m+1} \left(I_j^m \left(G(t, s) y_j(s) \right)_{s=t} e^{\tau_j} - \left(I_j^m \left(G(t, s) y_j(s) \right) \right)_{s=0} \right) \right] \equiv \\ &\equiv \sum_{k=-2}^{\infty} \varepsilon^k \left[R_0 y_k(t, \tau) + \sum_{k=-2}^{\infty} \varepsilon^m R_m y_k(t, \tau) \right]_{\tau=\frac{\psi(t)}{\varepsilon}}. \end{aligned}$$

Здесь введены операторы $R_m: U \rightarrow U$ (операторы порядка), действующие по закону

$$R_0 y(t, \tau) = \int_0^t G(t, s) y_0(s) ds,$$

$$R_{m+1} y(t, \tau) = (-1)^m \sum_{j=1}^2 \left(I_j^m \left(G(t, s) y_j(s) \right)_{s=t} e^{\tau_j} - \left(I_j^m \left(G(t, s) y_j(s) \right) \right)_{s=0} \right)$$

для каждой функции (7) пространства U .

Представим $I \tilde{y}(t, \tau, \varepsilon)$ в виде

$$I \tilde{y}(t, \tau, \varepsilon) = \sum_{r=-2}^{\infty} \varepsilon^r \left(\sum_{s=-2}^r R_{r-s} y_s(t, \tau) \right).$$

Определение 2. Назовем оператор

$$\tilde{I} \tilde{y}(t, \tau, \varepsilon) = \sum_{r=-2}^{\infty} \varepsilon^r \sum_{s=-2}^r R_{r-s} y_s(t, \tau)$$

расширением интегрального оператора I .

Теперь можно записать, расширенную по отношению к исходной задаче (2). Она имеет вид

$$\varepsilon^2 \frac{\partial \tilde{y}}{\partial t} + \varepsilon L \tilde{y} - \tilde{I} \tilde{y} = \dot{h}(t), \quad \tilde{y}(0, 0, \varepsilon) = \frac{h(0)}{\varepsilon^2}. \quad (10)$$

Это расширение определено по крайней мере в классе рядов (9) с коэффициентами $y_k(t, \tau) \in U$ и сходящимися асимптотически при $\varepsilon \rightarrow +0$ и при

$$(t, \tau) \in [0, T] \times \{Re \tau_j \leq 0, \quad j = 1, 2\}.$$

Подставив ряд (9) в систему (10) и приравняв коэффициенты при одинаковых степенях ε , получим задачи

$$-R_0 y_{-2} = 0, \quad y_{-2}(0, 0) = h(0), \quad (11)$$

$$-R_0 y_{-1} - R_1 y_{-2} + L y_{-2} = 0, \quad y_{-1}(0, 0) = 0, \quad (12)$$

$$-R_0 y_0 - R_1 y_{-1} - R_2 y_{-2} + L y_{-1} + \frac{\partial y_{-2}}{\partial t} = \dot{h}(t), \quad (13_0)$$

$$\begin{aligned} -R_0 y_1 - R_1 y_0 - R_2 y_{-1} - R_3 y_{-2} + \frac{\partial y_{-1}}{\partial t} + L y_0 &= 0, \\ y_j(0, 0) &= 0 \quad (j = -1, 0, 1, \dots), \end{aligned} \quad (13_1)$$

и т.д.

Покажем, что три последовательные задачи этой серии определяют решение первой из них однозначно в классе U . Начнем с первой тройки. Определяя решение задачи (11) в виде суммы

$$y_{-2}(t, \tau) = y_1^{(-2)}(t) e^{\tau_1} + y_2^{(-2)}(t) e^{\tau_2} + y_2^{(-2)}(t)$$

будем иметь

$$\int_0^t G(t, s) y_0^{(-2)}(s) ds = 0, \quad \sum_{j=0}^2 y_j^{(-2)}(0) + y_0^{(-2)}(0) = h(0).$$

Отсюда видно, что функции $y_0^{(-2)}(t) \equiv 0$, а функции $y_j^{(-2)}(t) \in C^\infty [0, T]$, $j = 1, 2$, пока произвольны, причем иметь место равенство

$$y_1^{(-2)}(0) + y_2^{(-2)}(0) = h(0). \quad (14)$$

Перейдем к задаче (12). определяя ее решение в виду суммы

$$y_{-1}(t, \tau) = y_1^{(-1)}(t)e^{\tau_1} + y_2^{(-1)}(t)e^{\tau_2} + y_0^{(-1)}(t),$$

будем иметь

$$\begin{aligned} \int_0^t G(t, s) y_0^{(-1)}(s) ds - \left[\frac{G(t, t) y_1^{(-2)}(t)}{\lambda_j(t)} e^{\tau_j} - \frac{G(t, 0) y_1^{(-2)}(0)}{\lambda_j(0)} \right] - \\ \left[\frac{G(t, t) y_2^{(-2)}(t)}{\lambda_2(t)} e^{\tau_1} - \frac{G(t, 0) y_2^{(-2)}(0)}{\lambda_2(0)} \right] + \\ + \sum_{j=1}^2 \lambda_j(t) y_j^{(-2)}(t) e^{\tau_j} = 0, \quad \sum_{j=1}^2 y_j^{(-1)}(0). \end{aligned} \quad (15)$$

Приравнивая здесь свободные члены, получим уравнение

$$\int_0^t G(t, s) y_0^{(-1)}(s) ds = G(t, 0) \left[\frac{y_1^{(-2)}(0)}{\lambda_1(0)} + \frac{y_2^{(-2)}(0)}{\lambda_2(0)} \right]. \quad (16)$$

Для разрешимости этого уравнения необходимо достаточно, чтобы

$$G(0, 0) \left[\frac{y_1^{(-2)}(0)}{\lambda_1(0)} + \frac{y_2^{(-2)}(0)}{\lambda_2(0)} \right] = 0. \quad (17)$$

Учитывая, что определитель полученной системы (12) и (17)

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ \lambda_1^{-1}(0) & \lambda_2^{-1}(0) \end{vmatrix} = \lambda_2^{-1}(0) - \lambda_1^{-1}(0)$$

не равен нулю (см. условия 2)), найдем однозначно значение $y_1^{(-2)}(0)$ и $y_2^{(-2)}(0)$ из этой системы.

Приравнивание в (15) коэффициентов при одинаковых экспонентах приводит к равенствам

$$\left(\lambda_1(t) - \frac{G(t, t)}{\lambda_1(t)} \right) y_j^{(-2)}(t) = 0, \quad j = 1, 2,$$

из которых, (поскольку $\lambda_j^2(t) \in G(t, t)$ выводим, что $y_j^{(-2)}(t) \in C^\infty [0, T]$ —произвольные функции. При этом из уравнения (16) находим, что $y_0^{(-1)}(t) \equiv 0$, так как в силу (17) правая часть (16) тождественно равна нулю. Итак, рассмотрение первых двух задач (11) и (12) привело к однозначному определению свободных членов $y_0^{(-2)}(t) \equiv 0$, $y_0^{(-1)}(t) \equiv 0$ и к фиксации функции $y_1^{(-2)}(t)$ и $y_2^{(-2)}(t)$ лишь в точке $t = 0$. Полное вычисление функций $y_j^{(-2)}(t)$ произойдет на следующем шаге.

В самом деле, определяя решение задачи (13₀) в виде суммы

$$y_0(t, \tau) = y_1^{(0)}(t)e^{\tau_1} + y_2^{(0)}(t)e^{\tau_2} + y_0^{(0)}(t)$$

получим равенство

$$\begin{aligned} - \int_0^t G(t, s) y_0^{(0)}(s) ds - \sum_{j=1}^2 \left[\frac{G(t, t) y_1^{(-1)}(t)}{\lambda_j(t)} e^{\tau_j} - \frac{G(t, t) y_j^{(-1)}(0)}{\lambda_j(0)} \right] + \\ + \sum_{j=1}^2 \left[\frac{1}{\lambda_j(t)} \left(\frac{\partial}{\partial s} \frac{G(t, t) y_j^{(-2)}(t)}{\lambda_j(s)} \right)_{s=t} e^{\tau_j} - \frac{1}{\lambda_j(0)} \left(\frac{\partial}{\partial s} \frac{G(t, t) y_j^{(-2)}(t)}{\lambda_j(s)} \right)_{s=0} \right] \\ + \sum_{j=1}^2 \left[\lambda_j(t) y_j^{(-1)}(t) e^{\tau_j} + \dot{y}_j^{(-2)}(t) e^{\tau_j} \right] = \dot{h}(t), \quad \sum_{j=1}^2 y_j^{(0)}(0) = 0. \end{aligned}$$

Приравнивая здесь коэффициенты при одинаковых экспонентах, имеем уравнения

$$\frac{G(t, t)}{\lambda_j(t)} y_j^{(-1)} + \lambda_j(t) y_j^{(-1)} = - \frac{1}{\lambda_j(t)} \left(\frac{\partial}{\partial s} \frac{G(t, t) y_j^{(-2)}(t)}{\lambda_j(s)} \right)_{s=t} - \dot{y}_j^{(-2)}(t),$$

$j = 1, 2$

для разрешимости которых в классе $C^\infty [0, T]$ необходимо и достаточно, чтобы

$$\dot{y}_j^{(-2)}(t) + \frac{1}{\lambda_j(t)} \left(\frac{\partial}{\partial s} \frac{G(t, t) y_j^{(-2)}(t)}{\lambda_j(s)} \right)_{s=t} \equiv 0, \quad j = 1, 2.$$

Получили однородные дифференциальные уравнения относительно функций $y_j^{(-2)}(t)$, $j = 1, 2$. Присоединяя к ним начальные условия $y_j^{(-2)}(0)$, найденные из (14), (17), определим однозначно функции $y_j^{(-2)}(t)$, $j = 1, 2$. Этим завершается однозначное вычисление решения

$y_{-2}(t, \tau)$ задачи (11). Ясно, что рассматривая следующую тройку задач (12), (13₀) и (13₁), построим однозначное решение $y_{-1}(t, \tau)$ задачи (12).

Сформулируем общий результат, касающийся разрешимости итерационных задач в пространстве U .

Рассмотрим три уравнения:

$$-R_0 y(t, \tau) = H(t, \tau), \quad y(0, 0) = y^0 \quad (18)$$

$$-R_0 z(t, \tau) = R_1 y(t, \tau) - Ly(t, \tau) + P(t, \tau), \quad z(0, 0) = z^0, \quad (19)$$

$$-R_0 w(t, \tau) = R_1 z(t, \tau) - Ly(t, \tau) - \frac{\partial y}{\partial z} + R_2 y(t, \tau) + Q(t, \tau), \quad w(0, 0) = w^0, \quad (20)$$

где $P(t, \tau), H(t, \tau), Q(t, \tau)$ – известные функции, y^0, z^0, w^0 – известные числа.

Справедлива

Теорема. Пусть выполнены условия 1), 2) и функции $P(t, \tau), H(t, \tau), Q(t, \tau)$ – принадлежат пространству U . Тогда для разрешимости задачи (18) необходимо и достаточно, чтобы

$$\langle H(t, \tau), e^{\tau j} \rangle \equiv 0, \quad j = 1, 2, \quad \forall t \in [0, T], \quad \langle H(t, \tau), 1 \rangle|_{t=0} = 0. \quad (21)$$

Задача (18) при дополнительных условиях

$$\langle R_1 y(t, \tau) + P(t, \tau), 1 \rangle|_{t=0} = 0,$$

$$\langle R_1 y(t, \tau) - Ly(t, \tau) + P(t, \tau), e^{\tau j} \rangle \equiv 0, \quad j = 1, 2,$$

$$\langle -\frac{\partial y}{\partial z} + R_2 y(t, \tau) + Q(t, \tau) e^{\tau j} \rangle \equiv 0, \quad j = 1, 2, \quad \forall t \in [0, T] \quad (22)$$

имеет единственное решение в пространстве U .

Заметим, что в (21), (22) участвует скалярное (при $t \in [0, T]$) произведение:

$$\forall y(t, \tau) \equiv \sum_{j=0}^2 y_j(t) e^{\tau j}, \quad \forall z(t, \tau) \equiv \sum_{j=0}^2 z_j(t) e^{\tau j},$$

$$\langle y, z \rangle \stackrel{def}{=} \sum_{j=0}^2 y_j(t) \overline{z_j(t)}, \quad \tau_0 = 0.$$

Доказательство теоремы проводится по той же схеме, по которой получено решение первой итерационной задачи (11).

Доказательство. Пусть $H(t, \tau) = H_1(t) e^{\tau_1} + H_2(t) e^{\tau_2} + H_0(t)$,

$$P(t, \tau) = P_1(t) e^{\tau_1} + P_2(t) e^{\tau_2} + P_0(t),$$

$$Q(t, \tau) = Q_1(t) e^{\tau_1} + Q_2(t) e^{\tau_2} + Q_0(t),$$

Будем определять решение задачи (18) в виде суммы

$$y(t, \tau) = y_1(t) e^{\tau_1} + y_2(t) e^{\tau_2} + y_0(t) \quad (23)$$

Подставляя (21) в (16), будем иметь

$$-\int_0^1 G(t, s) y_0(s) ds = H_1(t) e^{\tau_1} + H_2(t) e^{\tau_2} + H_0(t). \quad (24)$$

Для разрешимости, этого уравнения необходимо и достаточно, чтобы $H_1(t) = 0$, $H_2(t) = 0$, $H_0(t) = 0$. Это совпадает с условиями (21). При этом уравнение (18) имеет решение (23) где $y_1(t), y_2(t) \in C^\infty [0, T]$ – произвольные функции, а $y_0(t)$ – решение уравнения Вольтерра второго рода.

$$-G(t, s) y_0(t) - \int_0^1 \frac{\partial G(t, s)}{\partial t} y_0(s) ds = \dot{H}_0(t)$$

(в силу гладкости $G(t, s)$ имеет единственное решение $y_0(t) \in C^\infty [0, T]$). Далее, подчиняя (23) начальному условию $y_0(0, 0) = 0$, получим уравнение

$$y_1(0) + y_2(0) = -y_0(0). \quad (25)$$

Переходим к задаче (19). Определяя ее решение в виде функции

$$z(t, \tau) = z_1(t) e^{\tau_1} + z_2(t) e^{\tau_2} + z_0(t) \quad (26)$$

и имея в виду, что

$$R_1 y(t, \tau) - Ly(t, \tau) \equiv \langle R_1 y(t, \tau), 1 \rangle \equiv - \left[\frac{G(t, 0) y_1(0)}{\lambda_1(0)} + \frac{G(t, 0) y_2(0)}{\lambda_2(0)} \right],$$

будет иметь

$$-\int_0^t G(t, s) z_0(s) ds = - \left[\frac{G(t, 0) y_1(0)}{\lambda_1(0)} + \frac{G(t, 0) y_2(0)}{\lambda_2(0)} \right] + P_0(t) + P_1(t) e^{\tau_1} + P_2(t) e^{\tau_2}.$$

Для разрешимости этого уравнения в классе $C^\infty [0, T]$, необходимо достаточно, чтобы

$$\left[\frac{G(0, 0) y_1(0)}{\lambda_1(0)} + \frac{G(0, 0) y_2(0)}{\lambda_2(0)} \right] + P_0(0) \equiv 0, \quad P_1(t) \equiv 0, \quad P_2(t) \equiv 0. \quad (27)$$

Эти совпадает с первыми двумя условиями (22), так как условие (27) можно записать в виде

$$\langle R_1 y(t, \tau) - P y(t, \tau), 1 \rangle|_{t=0} = 0.$$

Присоединяя (27) к условию (25), получим систему

$$\begin{aligned} y_1(0) + y_2(0) &= -y_0(0), \\ \lambda_1(0)y_1(0) + \lambda_2(0)y_2(0) &= P_0(0). \end{aligned} \quad (28)$$

Так как определитель этой системы $\Delta = \lambda_2(0) - \lambda_1(0) \neq 0$, то она имеет единственное решение $(y_1(0), y_2(0))$.

Уравнение (20) можно записать в виде

$$R_0 w(t, \tau) = -\frac{\partial y}{\partial t} \langle R_1 z(t, \tau), 1 \rangle + R_2 y(t, \tau) + Q(t, \tau).$$

Так как $R_1 z(t, \tau) + Lz(t, \tau) \equiv \langle R_1 z(t, \tau), 1 \rangle$, $z(t, \tau) \in U$. Для его разрешимости в пространстве U должны выполняются следующие условия

$$\begin{aligned} \left\langle -\frac{\partial y}{\partial t} + R_2 y(t, \tau) + Q y(t, \tau), e^{\tau j} \right\rangle &\equiv 0, j = 1, 2, \\ \left[\left\langle -\frac{\partial y}{\partial t} + R_1 z(t, \tau), 1 \right\rangle + \langle R_2 y(t, \tau), 1 \rangle + \langle Q(t, \tau), 1 \rangle \right]_{t=0} &= 0. \end{aligned}$$

Первое из этих условий дает:

$$-y_1(t) - \frac{1}{\lambda_1(t)} \left(\frac{\partial}{\partial s} \frac{G(t, s) y_j(s)}{\lambda_j(s)} \right)_{s=t} + Q_2(t) \equiv 0$$

Учитывая, что

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda_j(t)} \left(\frac{\partial}{\partial s} \frac{G(t, s) y_j(s)}{\lambda_j(s)} \right)_{s=t} &= \frac{1}{\lambda_j(t)} \left(\frac{\partial}{\partial s} \left[\frac{G(t, s)}{\lambda_j(s)} \right] \right)_{s=t} y_j(t) \frac{1}{\lambda_j(t)} \frac{G(t, s)}{\lambda_j(s)} y_j(t) \equiv \\ &\equiv y_j(t) + \frac{1}{\lambda_j(t)} \left(\frac{\partial}{\partial s} \left[\frac{G(t, s)}{\lambda_j(s)} \right] \right)_{s=t} y_j(t) \end{aligned}$$

получим систему дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned} 2y_1 &= \frac{1}{\lambda_1(t)} \left(\frac{\partial}{\partial s} \left[\frac{G(t, s)}{\lambda_1(s)} \right] \right)_{s=t} y_1(t) + Q_2(t), \\ 2y_2 &= \frac{1}{\lambda_{12}(t)} \left(\frac{\partial}{\partial s} \left[\frac{G(t, s)}{\lambda_{12}(s)} \right] \right)_{s=t} y_2(t) + Q_2(t). \end{aligned}$$

Присоединяя к этим уравнениям начальные условия $y_1(0)$ и $y_2(0)$ найденные из системы (28) найдем однозначно функции $y_j(t)$ а значит, условия (21), (22) определяют решение системы (18) в пространстве U однозначным образом. Теорема доказано.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Иманалиев М. Асимптотические методы в теории сингулярно возмущенных интегродифференциальных уравнений. – Фрунзе: Илим, 1972. – 375 с.
2. Васильева А.Б., Бутузов В.Ф. Асимптотические разложения решений сингулярно возмущенных уравнений. – М.: Наука, 1973. – 272 с.
3. Ломов С.А. Введение в общую теорию сингулярных возмущений. – М.: Наука, 1981. – 400 с.
4. Ломов С.А., Ломов И.С. Основы математической теории пограничного слоя. – М.: Издательство Московского университета, 2011. – 456 с.
5. Сафонов В.Ф., Туйчиев О.Д. Регуляризация сингулярно возмущенных интегральных уравнений с быстро изменяющимся ядром и их асимптотика // Дифферен. уравнения. – 1997. Т. 33. – №9. – С. 1199-1211.
6. Туйчиев О.Д. Сингулярно возмущенные интегральные уравнения Вольтерра и его асимптотика / Материалы международной научной конференции «Актуальные проблемы математики и ее приложения». – Худжанд, 2003.

МУОДИЛАИ ИНТЕГРАЛИИ ҒАЛАЁНИ СИНГУЛЯРИДОШТА БО ЯДРОИ ТАНАЗЗУЛЁҒТА

Дар мақола муодилаҳои интегралӣ ғалаёни сингулярӣ бо як арзиши спектрии ядрои оператори интегралӣ баррасӣ карда шудааст. Бо истифода аз усули регуляризатсияи Ломов алгоритми ҳалли асимптотикаи ин масъалаҳо таҳия гардидааст. Нишон дода шудааст, ки ҳалли асимптотикӣ ҳангоми кӯшиши параметри хурди беохирӣ ба ҳалли ин муодила баробар аст.

КАЛИДВОЖАҲО: ядрои сингулярӣ, як арзиши спектрии ядро, оператори интегралӣ, таназзулӯфта, асимптотика, регуляризатсия, спектр.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ: Туйчиев Олимҷон Ҷӯраевич, номзади илмҳои физикаю математика, дотсенти кафедраи алгебра ва геометрияи Донишгоҳи давлатии Хучанд ба номи академик Б. Гафуров. Тел.: (+992) 92-748-01-16; e-mail: tuychievolim67@mail.ru

СИНГУЛЯРНО ВОЗМУЩЕННОЕ ИНТЕГРАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ С ВЫРОЖДАЮЩИМСЯ ЯДРОМ

В статье рассмотрено сингулярно возмущенные интегральные уравнения с одним спектральным значением ядра интегрального оператора. Применяя с помощью метод регуляризация Ломова разработан алгоритм решения асимптотика данных задач. Показано, что асимптотическая решения при стремления малых параметра бесконечности равно к решения этого уравнения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сингулярно возмущенные, вырожденные ядро, асимптотика, регуляризация, спектр

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Туйчиев Олимҷон Джураевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры алгебры и геометрии Худжандского государственного университета имени академика Б. Гафурова. Тел.: (+992) 92-748-01-16; e-mail: tuychievolim67@mail.ru

SINGULARLY PERTURBED INTEGRAL EQUATION WITH A DEGENERATE CORE

Singularly perturbed integral equations with a single spectral value of the kernel of the integral operator are considered. Applying the Lomov regularization method, an algorithm for solving the asymptotics of these problems is being developed. It is shown that the asymptotic solution when the small infinity parameter tends is equal to the solution of this equation.

KEY WORDS: singularly perturbed, degenerate core, asymptotics, regularization, spectrum.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR: Tuichiev Olimjon Djuraevich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Algebra and Geometry at Khujand State University named after academician B. Gafurov. Phone: (+992) 92-748-01-16; e-mail: tuychievolim67@mail.ru

ТДУ 517.968

ҲАЛҲОИ ОШКОРОИ ЯК СИНФИ МУОДИЛАҲОИ ДИФФЕРЕНСИАЛИИ ТАРТИБИ ЯКУМ БО СЕ НУҚТАИ МАХСУС ВА МУОДИЛАИ БА ОН ҲАМРОҲШУДА

Зарифзода С.Қ., Розиков М.Т.
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Пешгуфтор. Оид ба омӯзиши муодилаҳои дифференсиалӣ бо ду, се ва зиёда аз он нуқтаҳои махсус натиҷаҳои фундаменталии хеле зиёд ба даст оварда шудааст. Ин корҳо аз натиҷаҳои илми классикони гузашта, ба мисли К. Гаусс [1], Б. Риман [4], Ф. Клейн [2], А. Пуанкаре [3] ва ғайра сарчашма гирифта, баъдан дар корҳои илми олимони минбаъда бо тарзҳои гуногун инкишоф ёфтааст.

Оид ба ин шоҳи илм дар ҷумҳурии мо натиҷаҳои хеле назаррас дар корҳои илми Н. Раҷабов ба даст оварда шудааст. Дар корҳои ӯ [5], [6] оид ба таҳқиқи муодилаҳои дифференсиалии одӣ бо ду, се ва зиёда аз он нуқтаҳои махсус, натиҷаҳои зиёде ба даст оварда шудаанд. Махсусан, дар монографияи Н. Раҷабов [6] муодилаи дифференсиалии тартиби якум бо n нуқтаҳои махсус ва инчунин системаи чунин муодилаҳо таҳқиқ гардидааст.

Дар корҳои [7] – [19] муодилаҳои дифференсиалӣ ва интегро – дифференсионалии тартибашон гуногун таҳқиқ карда шудаанд. Дар корҳои [9], [14], [17] чунин муодилаҳои интегро-дифференсиалие омӯхта шудаанд, ки махсусиятҳои намуди логарифмӣ ва ё дараҷагӣ доранд.

Дар ин мақола кӯшиш ба харҷ дода шудааст, ки ҳалҳои ошкорои як синфи муодилаҳои дифференсиалии тартиби якум ва муодилаҳои дифференсиалии ба он ҳамроҳшуда, ба даст оварда шаванд

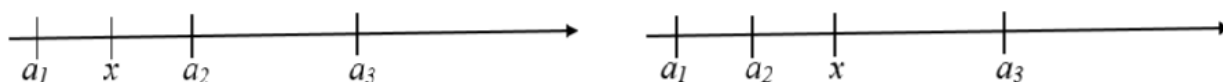
Оид ба баъзе натиҷаҳои фундаменталӣ. Бигуздор дар тири ҳақиқӣ нуқтаҳои a_1, a_2, a_3 бо тартиби афзуншавӣ ҷойгир шуда бошанд, яъне $a_1 < a_2 < a_3$. Фарз менамоем, ки тағйирёбандаи x дар фосилаи (a_1, a_2) қимат қабул менамояд. Чунин ишораро дохил менамоем:

$$\Gamma_{(a_1, a_2)} = \{x: a_1 < x < a_2 < a_3\}.$$

Маълум аст, ки $\Gamma_{[a_1, a_2]} = \bar{\Gamma}_{(a_1, a_2)}$. Бо дарназардошти ин ишораи дохил кардашуда $\Gamma_{(a_2, a_3)} = \{x: a_1 < a_2 < x < a_3\}$ ва $\Gamma_{[a_2, a_3]} = \bar{\Gamma}_{(a_2, a_3)}$. Дар ин фосилаҳо мувофиқан операторҳои дифференсиалии зеринро дида мебароем:

$$D_x^{[a_1 a_2] a_3} \equiv (x - a_1)(a_2 - x)(a_3 - x) \frac{d}{dx},$$

$$D_x^{a_1[a_2a_3]} \equiv (x - a_1)(x - a_2)(a_3 - x) \frac{d}{dx}.$$



Маълум аст, ки барои ҳарду операторҳои дифференсиалии $D_x^{[a_1a_2]a_3}$ ва $D_x^{a_1[a_2a_3]}$ коэффитсиентҳои назди оператори $\frac{d}{dx}$ мусбат мебошанд.

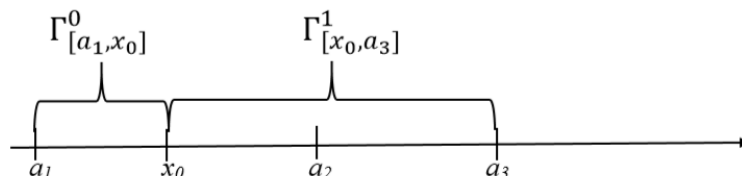
Барои содагии навишт дар оянда ишораҳои $D_x^{(1,2),3} = D_x^{(a_1,a_2),a_3}$ ва $D_x^{1,(2,3)} = D_x^{a_1,(a_2,a_3)}$ -ро истифода мебарем.

Маълум аст, ки ба ин операторҳои дифференсиалии операторҳои баръакси интегралӣ мувофиқ меоянд, ки онҳо чунин муайян карда мешаванд:

$$\begin{aligned} -I_x^{(1,2),3}(\cdot) &\equiv \int_{a_1}^x (\cdot) \frac{dt}{(t - a_1)(a_2 - t)(a_3 - t)}, \\ +I_x^{(1,2),3}(\cdot) &\equiv \int_x^{a_2} (\cdot) \frac{dt}{(t - a_1)(a_2 - t)(a_3 - t)}, \\ -I_x^{1,(2,3)}(\cdot) &\equiv \int_{a_2}^x (\cdot) \frac{dt}{(t - a_1)(t - a_2)(a_3 - t)}, \\ +I_x^{1,(2,3)}(\cdot) &\equiv \int_x^{a_3} (\cdot) \frac{dt}{(t - a_1)(t - a_2)(a_3 - t)}. \end{aligned}$$

Агар дар $\Gamma_{(a_1,a_2)}$ $x = x_0$ қайд намоем, пас соҳаи $\Gamma_{(a_1,a_2)}$ -ро ба ду соҳаҳои зерин ҷудо намудан мумкин аст:

$$\Gamma_{(a_1,x_0)}^0 = \{x: a_1 < x < x_0\}, \Gamma_{(x_0,a_3)}^1 = \{x: x_0 < x < a_3\}.$$



Маълум аст, ки дар ҳудуди $\Gamma_{(a_1,a_2)}^0$ тағйирёбандаи x аз нуқтаи махсуси a_2 мегузарад. Дар оянда порчаҳои $\Gamma_{(a_1,x_0)}^0$ ва $\Gamma_{(x_0,a_3)}^1$ -ро порчаҳои байни ҳам ҳамроҳшуда меномем.

Бигузур $f(x) \in \Gamma_{(a_1,x_0)}^0$ ва $g(x) \in \Gamma_{(x_0,a_3)}^1$ бошад. Фарз мекунем, ки функсияҳои $f(x)$ ва $g(x)$ чунон мебошанд, ки шартҳои $f(a_1) = 0$ ва $g(a_3) = 0$ иҷро мешавад. Мафҳуми ҳосили зарби скалярии функсияҳои $f(x)$ ва $g(x)$ -ро ба таври зерин дохил мекунем:

Таърифи 1. Ҳосили зарби скалярии функсияҳои $f(x) \in \Gamma_{(a_1,x_0)}^0$ ва $g(x) \in \Gamma_{(x_0,a_3)}^1$ гуфта, адади бо рамзи (f, g) ишоратшавандаро меномем, ки бо ёри формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$(f, g) = \int_{a_1}^{a_3} f(x)g(x) \frac{dx}{(x - a_1)(a_2 - x)(a_3 - x)}. \quad (1)$$

Бо L ягон оператори математикиро ишорат менамоем, ки дар соҳаи $\Gamma_{(a_1,x_0)}^0$ амал менамояд. Масалан, ба сифати L метавонад ягон оператори дифференсиалии ё интегралӣ гирифта шавад.

Фарз менамоем, ки ягон оператори бо L^* ишоратшавандаи дигаре мавҷуд аст, ки дар соҳаи $\Gamma_{(x_0,a_3)}^1$ амал менамояд.

Таърифи 2. Оператори L^* ба оператори L ҳамроҳшуда номида мешавад, агар барои ихтиёрӣ $f(x) \in \Gamma_{(a_1,x_0)}^0$ ва $g(x) \in \Gamma_{(x_0,a_3)}^1$ баробарии зерин иҷро гардад:

$$(Lf, g) = (f, L^*g). \quad (2)$$

Агар барои оператори L шarti $L = L^*$ ичро гардад, пас он оператори ба худ ҳамроҳшуда номида мешавад.

Агар барои оператори L шarti $L^* = L^{-1}$ ичро гардад, пас он оператори унитарӣ номида мешавад. Агар барои оператори L шarti $LL^* = L^*L$ ичро гардад, пас он оператори нормалӣ (муқаррарӣ) номида мешавад.

Оператори ба оператори дифференсиалии $D_x^{(1,2),3}$ ҳамроҳшударо меёбем. Барои ин дар асоси таърифи ҳосили зарби скалярӣ функсияҳо ҳосил мекунем:

$$\begin{aligned}
(D_x^{(1,2),3} f, g) &= \int_{a_1}^{a_3} D_x^{(1,2),3} f(x) \cdot g(x) \frac{dx}{(x-a_1)(a_2-x)(a_3-x)} = \\
&= \int_{a_1}^{a_3} (x-a_1)(a_2-x)(a_3-x) \frac{df(x)}{dx} g(x) \frac{dx}{(x-a_1)(a_2-x)(a_3-x)} = \\
&= \int_{a_1}^{a_3} g(x) df(x) = f(x) \cdot g(x) \Big|_{a_1}^{a_3} - \int_{a_1}^{a_3} f(x) dg(x) = \\
&= f(a_2)g(a_2) - f(a_1)g(a_1) - \\
&- \int_{a_1}^{a_3} f(x) (x-a_1)(a_2-x)(a_3-x) \frac{dg(x)}{dx} \frac{dx}{(x-a_1)(a_2-x)(a_3-x)} = \\
&= - \int_{a_1}^{a_3} f(x) D_x^{(1,2),3} g(x) \frac{dx}{(x-a_1)(a_2-x)(a_3-x)} = \\
&= \int_{a_1}^{a_3} f(x) \left[-D_x^{(1,2),3} g(x) \right] \frac{dx}{(x-a_1)(a_2-x)(a_3-x)} = \left(f(x), -D_x^{(1,2),3} g(x) \right),
\end{aligned}$$

яъне

$$(D_x^{(1,2),3} f(x)g(x)) = \left(f(x), -D_x^{(1,2),3} g(x) \right).$$

Ин чунин маъно дорад, ки оператори $-D_x^{(1,2),3}$ ба оператори $D_x^{(1,2),3}$ ҳамроҳшуда мебошад. Ишораҳои зеринро дохил менамоем:

$$[1]^{a_1} \equiv \frac{1}{(a_1-a_2)(a_1-a_3)}, [1]^{a_2} \equiv \frac{1}{(a_2-a_1)(a_2-a_3)}, [1]^{a_3} \equiv \frac{1}{(a_3-a_1)(a_3-a_2)}.$$

Бо осонӣ дида мешавад, ки шартҳои

$$[1]^{a_1} > 0, [1]^{a_2} < 0, [1]^{a_3} > 0$$

ичро мешаванд.

Дар асоси ин ишораҳо чунин навишта метавонем:

$$[\lambda]^{a_1} \equiv \frac{\lambda}{(a_1-a_2)(a_1-a_3)}, [\lambda]^{a_2} \equiv \frac{\lambda}{(a_2-a_1)(a_2-a_3)}, [\lambda]^{a_3} \equiv \frac{\lambda}{(a_3-a_1)(a_3-a_2)}.$$

Агар $\lambda > 0$ бошад, пас

$$[\lambda]^{a_1} > 0, [\lambda]^{a_2} < 0, [\lambda]^{a_3} > 0$$

ва агар $\lambda < 0$ бошад, пас

$$[\lambda]^{a_1} < 0, [\lambda]^{a_2} > 0, [\lambda]^{a_3} < 0.$$

Функсияи зеринро дида мебароем:

$$y(x) = (x-a_1)^{[\lambda]^{a_1}} (a_2-x)^{[\lambda]^{a_2}} (a_3-x)^{[\lambda]^{a_3}},$$

ки онро дар чунин шакл низ навиштан мумкин аст.

$$y(x) = \left[(x-a_1)^{[1]^{a_1}} (a_2-x)^{[1]^{a_2}} (a_3-x)^{[1]^{a_3}} \right]^\lambda.$$

Агар ишораи

$$\Psi(x; a_1, a_2, a_3) = (x-a_1)^{[1]^{a_1}} (a_2-x)^{[1]^{a_2}} (a_3-x)^{[1]^{a_3}}$$

-ро дохил намоем, пас бо осонӣ нишон додан мумкин аст, ки баробарии

$$D_x^{(1,2),3} \Psi(x; a_1, a_2, a_3) = \Psi(x; a_1, a_2, a_3)$$

ичро мегардад. Дар ин асос

$$D_x^{(1,2),3} y(x) = \lambda y(x),$$

ё

$$D_x^{(1,2),3} \psi^\lambda(x; a_1, a_2, a_3) = \lambda \psi^\lambda(x; a_1, a_2, a_3).$$

Татбиқи оператори $D_x^{(1,2),3}$ ба функсияи $\ln \Psi(x; a_1, a_2, a_3)$ -ро дида мебароем:

$$\begin{aligned} D_x^{(1,2),3} \ln \Psi(x; a_1, a_2, a_3) &= D_x^{(1,2),3} \ln(x - a_1)^{[1]^{a_1}} (a_2 - x)^{[1]^{a_2}} (a_3 - x)^{[1]^{a_3}} = \\ &= (x - a_1)(a_2 - x)(a_3 - x) \left(\frac{1}{(a_1 - a_2)(a_1 - a_3)} \cdot \frac{1}{x - a_1} - \frac{1}{(a_2 - a_1)(a_2 - a_3)} \cdot \frac{1}{a_2 - x} - \frac{1}{(a_3 - a_1)(a_3 - a_2)} \cdot \frac{1}{a_3 - x} \right) = \\ &= (x - a_1)(a_2 - x)(a_3 - x) \cdot \frac{1}{(x - a_1)(a_2 - x)(a_3 - x)} = 1. \end{aligned}$$

Аз ин ҷо дида мешавад, ки функсияи $\ln \Psi(x; a_1, a_2, a_3)$ барои оператори $D_x^{(1,2),3}$ он вазиғаеро иҷро мекунад, ки функсияи x барои оператори $D = \frac{d}{dx}$ иҷро мекунад.

Оид ба ёфтани ҳалли муодилаи операторӣ-дифференсиалии тартиби якум. Дар соҳаҳои $f(x) \in \Gamma_{(a_1, x_0)}^0$ ва $g(x) \in \Gamma_{(x_0, a_3)}^1$ мувофиқан ду муодилаҳои операторӣ-дифференсиалии зеринро дида мебароем:

$$D_x^{(1,2),3} y + M(x)y = f(x) \quad (3)$$

ё

$$-D_x^{(1,2),3} z + N(x)z = g(x), \quad (4)$$

ки дар ин ҷо $M(x), f(x) \in C(\Gamma_{(a_1, x_0)}^0)$, $N(x), g(x) \in C(\Gamma_{(x_0, a_3)}^1)$.

Дар оянда муодилаи (4)-ро муодилаи ба муодилаи (3) ҳамроҳшуда меномем.

Ҳалли муодилаи (3)-ро дар $\Gamma_{(a_1, x_0)}^0$ ва ҳалли муодилаи (4)-ро дар $\Gamma_{(x_0, a_3)}^1$ ҷустуҷӯ менамоем.

Пеш аз ҳама, ба ёфтани ҳалли муодилаи (3) машғул мегардем. Бо ин мақсад муодилаи якҷинсаи

$$D_x^{(1,2),3} y + M(x)y = 0 \quad (5)$$

-ро дар намуди кушодаи зерин менависем:

$$y' + \frac{M(x)}{(x - a_1)(a_2 - x)(a_3 - x)} y = 0. \quad (6)$$

Азбаски ҳалли муодилаи (6) дар $\Gamma_{(a_1, x_0)}^0$ ҷустуҷӯ карда мешавад, бинобар ин, коэффитсиенти назди y танҳо дар як нуқтаи $x = a_1$ махсусияти дараҷааш ба як баробар дорад. Аз ин рӯ, муодилаи (6)-ро ба чунин намуд меорем:

$$y' + \frac{M(x) - M(a_1)}{(x - a_1)(a_2 - x)(a_3 - x)} y + \frac{M(a_1)}{(x - a_1)(a_2 - x)(a_3 - x)} y = 0,$$

ё ин ки

$$\frac{d}{dx} \ln y + \frac{M(x) - M(a_1)}{(x - a_1)(a_2 - x)(a_3 - x)} y + \frac{M(a_1)}{(x - a_1)(a_2 - x)(a_3 - x)} y = 0.$$

Ин баробариро интегронида ҳосил мекунем:

$$\ln y + W_{a_1}(x) + \ln[(x - a_1)^{[M(a_1)]^{a_1}} (a_2 - x)^{[M(a_1)]^{a_2}} (a_3 - x)^{[M(a_1)]^{a_3}}] = \ln C,$$

ки дар ин ҷо

$$W_{a_1}(x) = \int_{a_1}^x \frac{M(t) - M(a_1)}{(t - a_1)(a_2 - t)(a_3 - t)} dt. \quad (7)$$

Аз баробарии боло функсияи номаълум y бо осонӣ дар намуди зерин ёфта мешавад:

$$y(x) = C \cdot (x - a_1)^{-[M(a_1)]^{a_1}} (a_2 - x)^{-[M(a_1)]^{a_2}} (a_3 - x)^{-[M(a_1)]^{a_3}} \cdot e^{-W_{a_1}(x)}. \quad (8)$$

Функсияи (8) ҳалли умумии муодилаи якҷинсаи (6) ё (5) – ро ифода мекунад.

Барои ёфтани ҳалли муодилаи ғайриякҷинсаи (3) аз методи вариатсияи доимихои ихтиёрӣ истифода бурда, ҳалли онро дар намуди

$$y(x) = C(x) \cdot (x - a_1)^{-[M(a_1)]^{a_1}} (a_2 - x)^{-[M(a_1)]^{a_2}} (a_3 - x)^{-[M(a_1)]^{a_3}} \cdot e^{-W_{a_1}(x)} \quad (9)$$

ҷустуҷӯ менамоем, ки дар ин ҷо $C(x)$ функсияи номаълум буда, онро муайян сохтан лозим аст.

Аз ин ҷо, азбаски

$$\begin{aligned} D_x^{(1,2),3} y &= D_x^{(1,2),3} C(x) \cdot (x - a_1)^{-[M(a_1)]^{a_1}} (a_2 - x)^{-[M(a_1)]^{a_2}} (a_3 - x)^{-[M(a_1)]^{a_3}} \cdot e^{-W_{a_1}(x)} - \\ &- M(a_1) C(x) \cdot (x - a_1)^{-[M(a_1)]^{a_1}} (a_2 - x)^{-[M(a_1)]^{a_2}} (a_3 - x)^{-[M(a_1)]^{a_3}} \cdot e^{-W_{a_1}(x)} - \\ &- C(x) \cdot (x - a_1)^{-[M(a_1)]^{a_1}} (a_2 - x)^{-[M(a_1)]^{a_2}} (a_3 - x)^{-[M(a_1)]^{a_3}} \cdot e^{-W_{a_1}(x)} \cdot [M(x) - M(a_1)], \end{aligned}$$

мебошанд пас ин қимати $D_x^{(1,2),3} y$ ва қимати y - ро аз (9) ба муодилаи (3) гузошта, пас аз ислоҳ намудани аъзоҳои монанд, ҳосил мекунем:

$$D_x^{(1,2),3} C(x) \cdot (x - a_1)^{-[M(a_1)]^{a_1}} (a_2 - x)^{-[M(a_1)]^{a_2}} (a_3 - x)^{-[M(a_1)]^{a_3}} \cdot e^{-w_{a_1}(x)} = f(x).$$

Аз ин чо

$$D_x^{(1,2),3} C(x) = (x - a_1)^{[M(a_1)]^{a_1}} (a_2 - x)^{[M(a_1)]^{a_2}} (a_3 - x)^{[M(a_1)]^{a_3}} \cdot e^{w_{a_1}(x)} f(x).$$

Пас аз интегронидани баробарии охириин функцияи $C(x)$ дар чунин намуд ёфта мешавад:

$$C(x) = \int_{a_1}^x (t - a_1)^{[M(a_1)]^{a_1}} (a_2 - t)^{[M(a_1)]^{a_2}} (a_3 - t)^{[M(a_1)]^{a_3}} \cdot e^{w_{a_1}(t)} \frac{f(t) dt}{(t - a_1)(a_2 - t)(a_3 - t)} + c.$$

Ин қимати $C(x)$ - ро ба баробарии (9) гузошта, ҳалли умумии муодилаи ғайриякҷинсаи (3) – ро дар чунин намуд ҳосил мекунем:

$$\begin{aligned} y(x) = & c(x - a_1)^{-[M(a_1)]^{a_1}} (a_2 - x)^{-[M(a_1)]^{a_2}} (a_3 - x)^{-[M(a_1)]^{a_3}} \cdot e^{-w_{a_1}(x)} + \\ & + \int_{a_1}^x \left(\frac{x - a_1}{t - a_1} \right)^{-[M(a_1)]^{a_1}} \left(\frac{a_2 - x}{a_2 - t} \right)^{-[M(a_1)]^{a_2}} \left(\frac{a_3 - x}{a_3 - t} \right)^{-[M(a_1)]^{a_3}} \times \\ & \times e^{-[w_{a_1}(x) - w_{a_1}(t)]} \frac{f(t) dt}{(t - a_1)(a_2 - t)(a_3 - t)}. \end{aligned} \quad (10)$$

Муайян месозем, ки дар кадом ҳолат интегралҳои дар баробарии (10) иштироккунанда наздикшаванда мебошад.

Фарз мекунем, ки функцияи $M(x)$ чунин мебошад, ки он дар нуқтаи $x = a_1$ шарти Гёлдери

$$M(x) - M(a_1) = H|x - a_1|^\alpha, \quad 0 < \alpha < 1 \quad (11)$$

-ро қаноат менамояд. Дар ин маврид интегралҳои ғайрихоси (7) наздикшаванда мешавад. Инчунин, бигузур функцияи $f(x)$ ҳангоми $[M(a_1)]^{a_1} < 0$ дар нуқтаи $x = a_1$ ба сифр майл намуда, рафтораш аз рӯи формулаи ассимптотикии зерин муайян карда шавад:

$$f(x) = o[(x - a_1)^{\delta_1}], \quad \delta_1 > |[M(a_1)]^{a_1}|, \quad \text{ҳангоми } x \rightarrow a_1. \quad (12)$$

Дар ин маврид интегралҳои дар (10) иштироккунанда наздикшаванда мебошад ва (10) ҳалли умумии ошқорой муодилаи (3)-ро ифода менамояд.

Таҳқиқи муодилаи ҳамроҳшуда. Барои ҳалли муодилаи ҳамроҳшудаи (4) – ро ёфтаи бо тарзи дигар амал менамоем. Пеш аз ҳама, ишораҳои зеринро дохил менамоем:

$$\begin{aligned} K(x, t) & \equiv \left(\frac{x - a_1}{t - a_1} \right)^{-[M(a_1)]^{a_1}} \left(\frac{a_2 - x}{a_2 - t} \right)^{-[M(a_1)]^{a_2}} \left(\frac{a_3 - x}{a_3 - t} \right)^{-[M(a_1)]^{a_3}} \cdot e^{-[w_{a_1}(x) - w_{a_1}(t)]}, \\ L(\cdot) & \equiv \int_{a_1}^x K(x, t) \frac{(\cdot) dt}{(t - a_1)(a_2 - t)(a_3 - t)}. \end{aligned}$$

Акнун оператори ба оператори L ҳамроҳшударо меёбем:

$$\begin{aligned} (Lf(x), g(x)) & = \int_{a_1}^{a_3} \left(K(x, t) \frac{f(t) dt}{(t - a_1)(a_2 - t)(a_3 - t)} \right) g(x) \frac{dx}{(x - a_1)(a_2 - x)(a_3 - x)} = \\ & = \int_{a_1}^{a_3} \frac{f(t) dt}{(t - a_1)(a_2 - t)(a_3 - t)} \int_t^{a_3} K(x, t) g(x) \frac{dx}{(x - a_1)(a_2 - x)(a_3 - x)} = |x = t| = \\ & = \int_{a_1}^{a_3} \frac{f(x) dx}{(x - a_1)(a_2 - x)(a_3 - x)} \int_x^{a_3} K(t, x) g(t) \frac{dt}{(t - a_1)(a_2 - t)(a_3 - t)} = (f(x), L^*g(x)), \end{aligned}$$

ки дар ин чо

$$L^*(\cdot) \equiv \int_x^{a_3} K(t, x) \frac{(\cdot) dt}{(t - a_1)(a_2 - t)(a_3 - t)}.$$

Аз ин чо, агар ба ҷойи муодилаи (4) муодилаи

$$D_x^{(1,2),3} y^* + M(x)y^* = f(x) \quad (13)$$

-ро дар $\Gamma_{(x_0, a_3)}^1$ дида бароем, пас ҳалли он бо осонӣ дар намуди

$$\begin{aligned} y^* = & c(x - a_1)^{[M(a_1)]^{a_1}} (a_2 - x)^{[M(a_1)]^{a_2}} (a_3 - x)^{[M(a_1)]^{a_3}} \cdot e^{w_{a_1}(x)} + \\ & + \int_x^{a_3} \left(\frac{x - a_1}{t - a_1} \right)^{[M(a_1)]^{a_1}} \left(\frac{a_2 - x}{a_2 - t} \right)^{[M(a_1)]^{a_2}} \left(\frac{a_3 - x}{a_3 - t} \right)^{[M(a_1)]^{a_3}} \times \end{aligned}$$

$$\times e^{-[w_{a_1}(t)-w_{a_1}(x)]} \frac{f(t)dt}{(t-a_1)(a_2-t)(a_3-t)}, \quad (14)$$

ёфта мешавад. Бо дарназардошти шабеҳии муодилаҳои (4) ва (13) ҳалли муодилаи ҳамроҳшудаи (4)-ро дар чунин намуд ҳосил менамоем:

$$z(x) = c(x-a_1)^{[N(a_3)]^{a_1}}(a_2-x)^{[N(a_3)]^{a_2}}(a_3-x)^{[N(a_3)]^{a_3}}e^{w_{a_3}(x)} + \int_x^{a_3} \left(\frac{t-a_1}{x-a_1}\right)^{[N(a_3)]^{a_1}} \left(\frac{a_2-t}{a_2-x}\right)^{[N(a_3)]^{a_2}} \left(\frac{a_3-t}{a_3-x}\right)^{[N(a_3)]^{a_3}} \times e^{[w_{a_3}(t)-w_{a_3}(x)]} \frac{g(t)dt}{(t-a_1)(a_2-t)(a_3-t)}. \quad (15)$$

Дар интегралҳои охири дида мешавад, ки ҳудуди интегралӣ ду нуқтаҳои махсуси $x = a_2$ ва $x = a_3$ -ро дар бар мегирад, аз ин рӯ, наздикшавандагии интеграл дар ин нуқтаҳо бояд таъмин гардонида шавад. Ҳолатҳои зеринро ҷудо менамоем:

1. Бигузур $N(a_3) > 0$ бошад, он гоҳ

$$[N(a_3)]^{a_1} > 0, [N(a_3)]^{a_2} < 0, [N(a_3)]^{a_3} > 0$$

мебошад. Аз ин мебарояд, ки нуқтаҳои $x = a_2$ барои интегралҳои тарафи рости (15) нуқтаи махсус нест. Бинобар ин, кифоя аст, талаб намоем, ки функсияи $g(x)$ дар нуқтаи $x = a_3$ ба сифр мубаддал гашта, рафтараши аз рӯи формулаи ассимптотикии зерин муайян карда шавад:

$$g(x) = o[(a_3-x)^{\delta_2}], \delta_2 > [N(a_3)]^{a_3}. \quad (16)$$

2. Бигузур $N(a_3) < 0$ бошад, он гоҳ

$$[N(a_3)]^{a_1} < 0, [N(a_3)]^{a_2} > 0, [N(a_3)]^{a_3} < 0$$

мешавад. Дар ин маврид, барои интегралҳои тарафи рости (15) нуқтаи $x = a_2$ нуқтаи махсус мебошад ва бинобар ин, аз функсияи $g(x)$ талаб менамоем, ки дар нуқтаи $x = a_2$ ба сифр мубаддал гашта, рафтараши аз рӯи формулаи ассимптотикии зерин муайян карда шавад:

$$g(x) = o[(a_2-x)^{\delta_3}], \delta_3 > [N(a_3)]^{a_2}. \quad (17)$$

Ғайр аз ин, дар баробарии (15) интегралҳои намуди

$$W_{a_3}(x) = \int_x^{a_3} \frac{N(a_3) - N(t)}{(t-a_1)(a_2-t)(a_3-t)} dt$$

иштирок менамояд, ки он дар ду нуқтаҳои $x = a_2$ ва $x = a_3$ махсусияти дараҷааш ба як баробар дорад. Барои наздикшавандагии ин интеграл талаб менамоем, ки функсияи $N(x)$ шартҳои зерини Гёлдерро қаноат намояд:

$$N(a_3) - N(x) \leq H|(a_2-x)(a_3-x)|^\alpha, 0 < \alpha < 1. \quad (18)$$

Ҳангоми иҷро шудани шартҳои (16), (17) ва (18) интегралҳои тарафи рости баробарии (15) наздикшаванда мегарданд ва формулаи (15) дар ҳақиқат ҳалли муодилаи (4) - ро ифода менамояд.

Ҳамин тавр, теоремаи зерин исбот гардад:

Теоремаи 2. Бигузур дар муодилаи ҳамроҳшудаи (4) функсияи $N(x) \in C(\Gamma_{(x_0, a_3)}^1)$ бошад ва дар нуқтаҳои $x = a_2$ ва $x = a_3$ шартҳои намуди Гёлдер (18)-ро қаноат намояд. Функсияи $g(x) \in \Gamma_{(x_0, a_3)}^1$ бошад ва ҳангоми иҷро шудани шартҳои $N(a_3) > 0$ ва $N(a_3) < 0$ мувофиқан шартҳои (16) ва (17) – ро қаноат намояд. Он гоҳ муодилаи (4) дар синфи $C(\Gamma_{(x_0, a_3)}^1)$ ба таври ошкоро ҳалшаванда аст ва ҳалли умумии он ба воситаи формулаи (15) ифода карда мешавад.

АДАБИЁТ:

1. Gauss, C.F. Disquisitiones generales circa seriem infinitam $1 + \frac{\alpha\beta}{1\cdot\gamma}x + \frac{\alpha(\alpha+1)\beta(\beta+1)}{1\cdot2\cdot\gamma(\gamma+1)}x^2 + \dots$ / C.F. Gauss // Commentationes societatis regiae scientiarum Gottingensis Recentiores. – Göttingen. – 1813. – No. 2. – P. 35-42.
2. Klein, F. Über lineare Differentialgleichungen der zweiten Ordnung / F. Klein. – Göttingen, 1914. – 113 p.
3. Poincaré, H. Sur les intégrales irrégulières des équations linéaires / H. Poincaré // Acta Mathematica. – 1886. – Vol. 8. – P. 295-344.
4. Риман, Б. Сочинения / Б. Риман. – М.: ГИТТЛ, 1948. – 360 с.
5. Раджабов, Н. К теории одного класса вырождающегося обыкновенного дифференциального уравнения высших порядков / Н. Раджабов, Г.М. Кадилов, А. Сатторов // Вестник Таджикского национального университета. – 2014. – №1/1(126). – С. 3-5.

6. Rajabov, N. An introduction to the theory of partial differential equations with super-singular coefficients / N. Rajabov. – Tehran, 1997. – 230 p.
7. Зарипов, С.К. К теории одного класса немодельного линейного обыкновенного дифференциального уравнения третьего порядка с двумя граничными сингулярными точками / Н. Раджабов, С.К. Зарипов // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. – 2009. – №1. – С. 7-17.
8. Зарипов, С.К. Об одном классе модельных интегро-дифференциальных уравнений первого порядка со сверхсингулярной точкой в ядре / С.К. Зарипов // Вестник таджикского национального университета. – 2015. – №1-6. – С. 6.
9. Зарипов, С.К. Об одном классе модельных интегро-дифференциальных уравнений первого порядка с логарифмической особенностью в ядре / С.К. Зарипов // Вестник таджикского национального университета. – 2015. – №1-6. – С. 33.
10. Зарипов, С.К. об одном классе модельного интегро-дифференциального уравнения первого порядка с одной сингулярной точкой в ядре / С.К. Зарипов // Вестник таджикского национального университета серия естественных наук. – 2015. – №1-6. – С. 27-32.
11. Зарипов, С.К. Об одной новой методике решения одного класса модельных интегро-дифференциальных уравнений первого порядка с сингулярным ядром / С.К. Зарипов // Математическая физика и компьютерное моделирование. – 2017. Т. 20. – №4. – С. 68-75.
12. Зарипов, С.К. Решения одного класса модельных интегро-дифференциальных уравнений в частных производных первого порядка с сингулярным ядром / С.К. Зарипов, Н. Ражабов // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. – 2017. Т. 60. – №3-4. – С. 118-125.
13. Зарипов, С.К. Решения одного класса модельных интегро-дифференциальных уравнений первого порядка с сингулярным ядром / С.К. Зарипов // Вестник таджикского национального университета. Серия естественных наук. – 2017. – №1-1. – С. 34-37.
14. Зарифзода, С.К. Исследование некоторых классов интегро-дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка со степенно-логарифмической особенностью в ядре / С.К. Зарифзода, Р.Н. Одинаев // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2020. – №67. – С. 40-54.
15. Зарифзода, С.К. Тадқиқи як синфи муодилаҳои интегро-дифференсиали ба нуқтаи рости барзиёдсингулярӣ / С.К. Зарифзода, Ҷ. Искандари // Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Бахши илмҳои табиӣ. – 2021. – №1. – С. 5-19.
16. Зарифзода, С.К. Получение явных решений дифференциального уравнения Римана второго порядка с тремя особыми точками / С.К. Зарифзода // Вестник таджикского национального университета. Серия естественных наук. – 2021. – №3. – С. 116-131.
17. Yuldashev, T.K. Mellin transform and integro-differential equations with logarithmic singularity in the kernel / T.K. Yuldashev, S.K. Zarifzoda // Lobachevskii journal of mathematics. – 2020. Т. 41. – No9. – P. 1910-1917.
18. Yuldashev, T.K. On a new class of singular integro-differential equations / Yuldashev, S.K. Zarifzoda // Bulletin of the Karaganda University. Mathematics Series. – 2021. – No1(101). – P. 138-148.
19. Yuldashev, T.K. on exact solutions of a class of singular partial integro-differential equations / T.K. Yuldashev, R.N. Odinaev, S.K. Zarifzoda // Lobachevskii Journal of Mathematics. – 2021. Т. 42. – No3. – P. 676-684.

ҲАЛҲОИ ОШКОРОИ ЯК СИНФИ МУОДИЛАҲОИ ДИФФЕРЕНСИАЛИИ ТАРТИБИ ЯКУМ БО СЕ НУҚТАИ МАХСУС ВА МУОДИЛАИ БА ОН ҲАМРОҲШУДА

Дар ин мақола як синфи муодилаҳои операторӣ – дифференсиалии тартиби якум бо се нуқтаи махсус мавриди таҳқиқот қарор гирифтааст. Пеш аз ҳама, ҳосиятҳои оператори дифференсиалии сенуқтагӣ омӯхта мешавад. Мафҳуми ҳосили зарби скалярии ду функсияҳо дохил карда шуда, дар асоси ин мафҳум оператори дифференсиалии ҳамроҳшуда ба оператори додашуда сохта мешавад.

Баъдан муодилаи операторӣ-дифференсиалии додашуда ва муодилаи ба он ҳамроҳшуда таҳқиқ гардида ҳалли онҳо дар намуди ошкор ёфта мешавад.

Шартҳои наздикшавандагии интегралҳо таъмин гардониди шуда, ду теорема оид ба намуди умумии ҳалли муодилаҳои додашуда, исбот карда шудааст.

КАЛИДВОЖАҲО: оператори дифференсиалии махсус, муодилаи операторӣ-дифференсиалӣ, муодилаи якҷинса, оператори дифференсиалии сенуқтагӣ, нуқтаҳои махсус, ҳалли умумӣ.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН: Зарифзода Сарвар Қахрамон, доктори илмҳои физика ва математика, дотсенти кафедраи математикаи ҳисоббарорӣ ва механикаи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Тел.: (+992) 985- 61- 91- 83; e-mail: sarvar8383@ list.ru

Розиқов Муҳиддин Точиддинович, докторанти PhD-и кафедраи математикаи ҳисоббарорӣ ва механикаи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Тел.: (+992) 930-01-03-83; e-mail:m@rmuhiddin.ru

ТОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ КЛАССА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ПЕРВОГО ПОРЯДКА С ТРЕМЯ ОСОБЫМИ ТОЧКАМИ И СООТВЕТСТВУЮЩИМ УРАВНЕНИЯМ

В данной статье изучается класс операторно-дифференциальных уравнений первого порядка с тремя особыми точками. Прежде всего изучаются свойства трехточечного дифференциального оператора. Вводится понятие скалярного произведения двух функций и на основе этого понятия создается дифференциальный оператор, связанный с данным оператором.

Затем исследуется данное дифференциально-операторное уравнение и связанное с ним уравнение и находится их решение в очевидном виде.

Приведены условия аппроксимации интегралов и доказаны две теоремы общего решения данных уравнений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: специальный дифференциальный оператор, дифференциально-операторное уравнение, однородное уравнение, трехточечный дифференциальный оператор, специальные точки, общее решение.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Зарифзода Сарвар Карамон, доктор физико-математических наук, доцент кафедры вычислительной математики и механики Таджикского национального университета. Тел.: (+992) 985- 61- 91- 83; e- mail: sarvar8383@ list.ru

Розиков Мухиддин Тоджиддинович, докторант PhD кафедры вычислительной математики и механики Таджикского национального университета. Тел.: (+992) 930-01-03-83; e-mail:m@rmuhiddin.ru

ON FINDING EXACT SOLUTIONS TO A CLASS OF FIRST ORDER DIFFERENTIAL EQUATIONS WITH THREE SINGLE POINTS AND CORRESPONDING EQUATIONS

This article studies the class of first-order operator-differential equations with three singular points. First of all, the properties of the three-point differential operator are studied. The concept of the scalar product of two functions is introduced and, based on this concept, a differential operator associated with this operator is created.

Then this differential operator equation and the associated equation are studied and their solution is found in an obvious form.

Conditions for approximation of integrals are given and two theorems for the general solution of these equations are proved.

KEY WORDS: special differential operator, differential operator equation, homogeneous equation, three-point differential operator, special points, general solution.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR: Zarifzoda Sarvar Qahramon, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Assistant Professor of the Department of Computational Mathematics and Mechanics at Tajik National University. Phone: (+992) 985-61-91-83; e-mail: sarvar8383@ list.ru

Roziqov Muhiddin Tojiddinovich, Doctoral PhD of the Department of Computational Mathematics and Mechanics at Tajik National University. Phone: (+992) 930-01-03-83; e-mail: m@rmuhiddin.ru

БАҲОДИҲИИ АПРИОРИИ МАСЪАЛАИ КАНОРИИ ҒАЙРИХАТТӢ БАРОИ МУОДИЛАИ ДИФФУЗИЯ

Ҳакимова О.Ҳ.

Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав

Дар ин мақола масъалаҳои баҳодихии априории масъалаи канории ғайрихаттӣ барои муодилаи диффузия баррасӣ мешавад. Муодилаҳои якҷинса ба мо имконият медиҳанд, ба ҳуҷҷае биёем, ки маҳлул дар як вақти ниҳой бо дарназардошти танҳо арзиши максималии ибтидоии функсияи дилхоҳ устувор мешавад. Табиист, ки барои ба даст овардани натиҷаҳои сифатӣ оид ба муътадил гардондани маҳлул дар муҳлати ниҳоят мукамалтар ба ҳисоб гирифтани ҳам шартҳои ибтидоӣ ва ҳам шартҳои канорӣ зарур мебошад. Бо ин мақсад, бидуни маҳдудияти умумӣ, мо метавонем масъалаи канории ғайрихаттиро барои муодилаи диффузия баррасӣ кунем [3].

$$\begin{aligned} C_t &= C_{xx} - f(C), & 0 < x < \ell, & & t > 0, \\ f(C) &= C^\beta, & C(x, 0) &= C_0(x), & \\ C_x(0, t) &= 0, & t > 0, & & \\ C(\ell, t) &= 0, C_x(\ell, t) &= 0, & & t > 0, \end{aligned} \quad (1)$$

ки дар ин ҷо $C(0, t) = \underline{c}(t) \geq 0$ аст.

Дар муодилаи додашуда ба ҷои $f(C)$ кимати C^β - ро гузошта, онро дар намуди $C_t + C^\beta = C_{xx}$ навиштан мумкин аст.

Ҳарду тарафи муодилаи ҳосилшударо ба C_t зарб карда, натиҷаро нисбат ба x аз 0 то ℓ меинтегралем:

$$\int_0^{\ell} C_t^2 dx + \int_0^{\ell} C^{\beta} C_t dx = \int_0^{\ell} C_t C_{xx} dx, \quad (2)$$

ва ҳар як интегрални ҳосилшударо табдилдиҳӣ мекунем. Интегрални якуми он меъёри (нормаи) квадратии ҳосилаи C_t мебошад:

$$\int_0^{\ell} C_t^2 dx = \|C_t\|^2,$$

ки дар ин ҷо

$$(c, v) = \int_0^{\ell} cv dx, \quad \|C\|^2 = \int_0^{\ell} C^2(x, t) dx.$$

мебошад.

Тарафи рости баробарии (2)-ро қисм ба қисм интегронида, шартҳои канорӣ масъалаи (1)-ро ба эътибор гирифта, пай дар пай ҳосил мекунем:

$$\begin{aligned} \int_0^{\ell} C_t C_{xx} dx &= C_t C_x \Big|_0^{\ell} - \frac{1}{2} \int_0^{\ell} [C_x^2]_t dx = -\frac{1}{2} \frac{d}{dt} \int_0^{\ell} C_x^2 dx = \\ &= -\frac{d}{dt} C(0, t) - \frac{1}{2} \frac{d}{dt} \|C_x\|^2 = -\frac{1}{2} \frac{d}{dt} \|C_x\|^2. \end{aligned} \quad (3)$$

Дар асоси муодилаи (3) муодилаи (2) - ро ба намуди зерин навиштан мумкин аст:

$$\frac{1}{2} \frac{d}{dt} \|C_x\|^2 + \|C_t\|^2 + (C^{\beta}, C_t) = 0. \quad (4)$$

Бо ёрии ҳалли муодилаи дифференсиалии (1) аз ду ҷамъшавандаҳои охири (4) ҳосила нисбат ба t -ро хориҷ мекунем.

Инак, пай дар пай меёбем:

$$\begin{aligned} \int_0^{\ell} C_t^2 dx + \int_0^{\ell} C^{\beta} C_t dx &= \int_0^{\ell} (C_{xx} - C^{\beta})^2 dx + \\ &+ \int_0^{\ell} (C_{xx} - C^{\beta}) C^{\beta} dx = \int_0^{\ell} (C_{xx}^2 - 2C_{xx} C^{\beta} + C^{2\beta}) dx + \\ &+ \int_0^{\ell} (C_{xx} C^{\beta} - C^{2\beta}) dx = \int_0^{\ell} C_{xx}^2 dx - \int_0^{\ell} C_{xx} C^{\beta} dx. \end{aligned} \quad (5)$$

Интегралҳои охири (5)-ро қисм-қисм интегронида, шартҳои канориро ба эътибор гирифта, пас аз як қатор дигаргуниҳои аён мо баробарҳои занҷириро ба даст меорем

$$\int_0^{\ell} C_{xx} C^{\beta} dx = C_x C^{\beta} \Big|_0^{\ell} - \int_0^{\ell} C_x (C^{\beta})_x dx = -\beta \int_0^{\ell} C_x^2 C^{\beta-1} dx,$$

ва, дар ҳақиқат,

$$\int_0^{\ell} C_t^2 dx + \int_0^{\ell} C^{\beta} C_t dx = \int_0^{\ell} C_{xx}^2 dx + \beta \int_0^{\ell} C_x^2 C^{\beta-1} dx. \quad (6)$$

мебошад. Минбаъд, зеро маълум аст $C(\ell, t) = 0$, ки

$$C(x, t) = - \int_x^{\ell} C_x(x, t) dx. \quad (7)$$

Баробарии (7)-ро ба квадрат мебардорем ва нобаробарии Коши-Буняковскийро истифода бурда, ҳосил мекунем

$$[C(x, t)]^2 = \left(\int_x^{\ell} C_x(x, t) dx \right)^2 \leq [\ell - x] \int_0^{\ell} C_x^2 dx \leq \ell \int_0^{\ell} C_x^2 dx. \quad (8)$$

Ифодаи (8)-ро интегронида, ба нобаробарии Пуанкаре-Фридрихса мегузарем [2]

$$\int_x^\ell [C_x(x, t)]^2 dx \leq \ell^2 \int_0^\ell [C(x, t)]_x^2 dx.$$

Дар асоси нобаробарии (8) интегралҳои қисми рости баробарии (6) ба намуди зерин баҳо дода мешавад:

$$\begin{aligned} \beta \int_0^\ell C_x^2 C^{\beta-1} dx &\geq \beta [\ell]^{(\beta-1)/2} \left(\int_0^\ell C_x^2 dx \right)^{(\beta-1)/2} \int_0^\ell C_x^2 dx \geq \\ &\geq v_1 \left(\int_0^\ell C_x^2(x, t) dx \right)^{(1+\beta)/2}, \quad v_1 = \beta [\ell]^{(\beta-1)/2}. \end{aligned} \quad (9)$$

Дар асоси (6) ва (9) барои ду ҷамъшавандаҳои охири нобаробарии (4) чунин баҳоҳои қардан мумкин аст [1, 5]

$$\begin{aligned} \|C_t\|^2 + (C^\beta, C_t) &= \int_0^\ell [C_{xx}(x, t)]^2 dx + \\ &+ \int_0^\ell C_x^2 C^{\beta-1} dx \geq v_1 [\|C_x\|^2]^{(1+\beta)/2}. \end{aligned} \quad (10)$$

Нобаробарии (10) - ро дар (4) гузошта меёбем

$$\frac{1}{2} \frac{d}{dt} \|C_x\|^2 + v_1 [\|C_x\|^2]^{(1+\beta)/2} \leq 0. \quad (11)$$

Нобаробарии ҳосилшуда танҳо дар сурати иваз қардани ҷамъшавандаи дуҷумлаи меафзояд, агар онро ба

$$v_1 \|C_x\|^2 \geq v_0 \|C_x\|^2, \quad (12)$$

иваз намоем, ки дар ин ҷо

$$v_1 \geq v_0 = \min\{\beta [\ell]^{(\beta-1)/2}, 1\}.$$

аст.

Дар асоси нобаробарии (12) аз нобаробарии (11) нобаробарии дифференсиалии зеринро ҳосил мекунем

$$\frac{dy(t)}{dt} + 2v_0 [y(t)]^{(1+\beta)/2} \leq 0,$$

Барои меъёри (нормаи) квадратӣ

$$y(t) = \|C_x(x, t)\|^2$$

мешавад.

АДАБИЁТ:

1. Мартинсон Л.К. О конечной скорости распространения тепловых возмущений в средах с постоянными коэффициентами теплопроводности // Мат. Заметки. – 1974. Т. 14. – №4. – С. 891-905.
2. Харди Г.Г., Литлвуд Дж. Е., Поля Г. Неравенства. - М.: ИЛ, 1948, 456 с.
3. Березовский А.А., Жураев К.О., Юртин И.И. Нестационарные задачи сферически-симметричной гипотермии биоткани // Задачи Стефана со свободными границами - Киев, 1990, 9-20. - (Преп./АН УССР. Ин - т. математики; 90,27).
4. Митропольский Ю.А., Березовский А.А., Шхануков М.Х. Пространственно-временная локализация в задачах со свободными границами для нелинейного уравнения второго порядка // Укр. мат. журн, 1996, т. 48. – №2. – С. 202-211.
5. Березовский А.А. Классические и специальные постановки задач Стефана // Нестационарные задачи Стефана. – Киев, 1988. – С. 3-20.-(Препринт./АН УССР. Ин - т. мат.; 66,49).

БАҲОДИҲИИ АПРИОРИИ МАСЪАЛАИ САРҲАДИИ ҒАЙРИХАТТӢ БАРОИ МУОДИЛАИ ДИФФУЗИЯ

Дар ин мақола масъалаҳои баҳоидиҳии априории ҳалли канорӣ ғайрихаттӣ барои муодилаи диффузия баррасӣ мешавад. Муодилаҳои яқинса ба мо имконият медиҳанд, ба ҳулосае биёем, ки маҳлӯл дар як вақти ниҳой бо дарназардошти танҳо арзиши максималии ибтидоии функсияи дилҳоҳ устувор мешавад. Табиист, ки барои ба даст овардани натиҷаҳои сифатӣ оид ба муътадил гардондани маҳлӯл дар муҳлати ниҳоят муқаммалтар ба ҳисоб гирифтани ҳам шартҳои ибтидоӣ ва ҳам шартҳои канорӣ зарур мебошад.

КАЛИДВОЖАҲО: диффузия, ғайрихаттӣ, априорӣ, дифференциалӣ, интеграл, нобаробарӣ, муътадил, яқинса, муодила, меъёр.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ: Ҳақимова Олима Ҳафизовна, номзади илмҳои физикаю математика, дотсенти кафедраи таҳлили математикӣ ва муодилаҳои дифференциалии Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав. Тел.: (+992) 901-61-19-64; e-mail: Nakimovaolima64@mail.ru.

АПРИОРНАЯ ОЦЕНКА НЕЛИНЕЙНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ДИФФУЗИИ

В данной статье рассматриваются вопросы априорных оценок нелинейной краевой задачи для уравнения диффузии. Однородные уравнения позволяют, сделать вывод о стабилизации решения за конечное время, учитывая только максимальное начальное значение искомой функции. Естественно попытаться получить качественные результаты о стабилизации решения за конечное время при более полном учете как начальных, так и краевых условий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: диффузия, нелинейный, априорный, дифференциал, интеграл, неравенство, стабилизация, неоднородный, уравнения, норма.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Ҳақимова Олима Ҳафизовна кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математического анализа и дифференциальных уравнений Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. Тел.: (+992) 901-61-19-64; e-mail: Nakimovaolima64@mail.ru

A PRIOR ESTIMATION OF THE NONLINEAR BOUNDARY PROBLEM FOR THE DIFFUSION EQUATION

This paragraph deals with the issues of a priori estimates of the nonlinear boundary problem for the diffusion equation. Homogeneous equations allow us to draw a conclusion about stabilization and probability in a finite time, taking into account only the maximum initial value of the searched function. Of course, it is possible to try to get qualitative results on stabilization and solutions in a finite time with fuller consideration of both initial and boundary conditions.

KEY WORDS: diffusion, nonlinear, a priori, differential, integral, inequality, stabilization, heterogeneous, equations, norm.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR: Hakimova Olima Hafizovna, Candidate of Physical and Mathematical Science, Associate Professor of the Department of Mathematical analysis and differential equation at Bokhtar State University named after Nosiri Khusrav. Phone: (+992) 901-61-19-64; e-mail: Nakimovaolima64@mail.ru.

УДК: 519.85

ТАҲҚИҚИ АМСИЛАИ МАТЕМАТИКИИ МАСЪАЛАИ МУҲОФИЗАТИ ЗИРОАТҲОИ ПОЛЕЗӢ АЗ ҲАШАРОТИ ЗАРАРРАСОН ДАР ҲОЛАТИ СТАТСИОНАРӢ БО ФУНКСИЯИ ТРОФИКИИ НАМУДИ ХОЛЛИНГ II (II)

Мусоев С.С.

Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Амнияти озуқаворӣ мамлакат яке аз масъалаҳои муҳимми стратегӣ кишвар буда, барои ҳалли масъалаи мазкур дар баробари масъулони ҳамаи самтҳои хоҷагидорӣ олимон, мутахассисони соҳаи кишоварзӣ ва математикон низ бояд дар сафи пеш бошанд.

Дар ҷумҳурӣ мо истеҳсоли полезӣ ҳамасола зиёд шуда истодааст. Аз сабаби васеъ гардидани майдонҳои кишти зироатҳои кишоварзӣ ва тағйирёбии иқлим барои зиёд шудани манбаи сироятии барангезандаи касалиҳо ва ҳашароти зараррасон шароит фароҳам мегардад.

Дар ин чода олимон ва донишмандони соҳа тамоми донишу малакаи худро барои пешгирӣ кардани чораҳои мубориза бар зидди касалӣ ва ҳашароти зараррасон саъю кӯшиш карда истодаанд.

Яке аз чорабиниҳои асосие, ки барои баланд бардоштани ҳосилнокии зироатҳои кишоварзӣ ва аз ҷиҳати экологӣ тоза нигоҳ доштани сифати маҳсулоти кишоварзӣ ба қор бурда мешавад, ин истифодаи усулҳои биологияи экологияи ландшафтӣ бо мақсади коҳиш додани истифодабарии заҳрхимикатҳо бар зидди зараррасонҳо ва касалиҳо мебошад.

Дар баробари афзоиши маҳсулот, мувофиқи маълумоти Ташкилоти байналмилалӣ озуқаворӣ Созмони Милали Муттаҳид ФАО ҳамасола дар миқёси ҷаҳон то 20-30% ҳосил аз таъсири манфии ҳашароти зараррасон ва касалиҳо талаф меёбанд. Ҷумҳурии Тоҷикистон аъзои ҷомеаи ҷаҳонӣ буда, маълумоти зикргардидаи зарар аз ҳашароту касалиҳо бо таҳлили олимони соҳа ва мутахассисони ватанӣ мувофиқат мекунад.

Амсиласозии математикии раванди муҳофизати ҳосили ба нақша гирифташуда яке аз воситаҳои асосии пешгӯии ҳолати системаҳои табиӣ ва идоракунии онҳо мебошад. Вазифаҳои асосии амсиласозии математикии раванди муҳофизати ҳосили пешбинишуда дар он аст, ки

системаҳои минтақавии муҳофизати растаниро дар асоси таҳқиқоти мақсадноки экологӣ ва биологӣ тақдир диҳад, хусусиятҳои ташаккул ва рушди агроэкосистемаҳоро дар зироаткорӣ интенсивӣ ошкор намояд. Ҳадафи асосии усули интегратсионии мубориза бар зидди ҳашароти зараррасони кишоварзӣ идоракунии агросенозҳои намудҳои «ҳашароти зараррасон» ва «ҳашароти ғойаовар» дар асоси истифодаи усулҳои биологӣ, кимиёвӣ ҳамчун васила ё афзори идоракунии мебошад.

Истифодаи усулҳои математикӣ ва барномаи компютерӣ барои ҳалли масъалаи муҳофизати ҳосили пешбинишуда, самаранокии кори банақшаگیرӣ ва иқтисоди ба таври назаррас баланд мебардорад, ки ин имкон медиҳад на танҳо вақти ҳисобкунӣ хеле кам карда шавад, балки натиҷаҳои оптималӣ низ ба даст оварда шаванд. Амсиласозии математикии системаҳои мураккаби динамикӣ, аз қабيلي биосенозҳо, комплексҳои экологӣ-иқтисодӣ ва саноатӣ, равандҳои бисёрсатҳаи технологӣ, системаҳои идоракунии муҳити зист бо зиддияти бартарафнашаванда алоқаманд аст. Аз як тараф, барои истифода аз як амсила, чиҳати пешгӯии рафтори системаи реалӣ ва назорати он бояд тавсифи мукамалтари он ба даст оварда шавад, ки ин ба имконнопазирии таҳқиқоти таҳлилӣ ё сифатӣ оварда мерасонад.

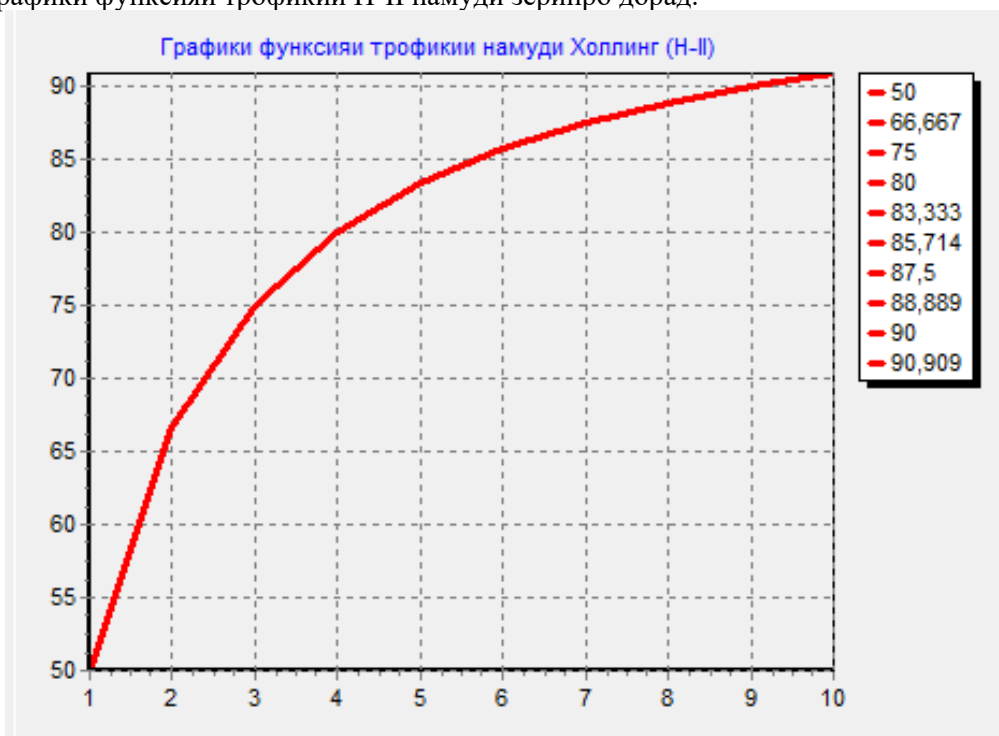
Функсияи трофики, ки аксар вақт дар системаҳои биологӣ истифода мешаванд, хосиятҳои сифатии амсилаҳои системаҳои даранда - қурбониро муайян мекунад. Масъалаи мувофиқати интихоби функсияҳои трофики дар ин системаҳо яке аз масъалаҳои муҳим ба ҳисоб меравад.

Таваҷҷуҳ ба ин самти таҳқиқот дар адабиёти илмӣ, пас аз интишори як мақолаи Р. Ардити ва Л.Р. Гинзбург [1-3] ба миён омад. Муаллифон диққати хонандагонро ба ихтилофи хосиятҳои сифатии амсилаҳои системаи даранда – қурбонӣ сохтанишуда ҷалб карданд. Онҳо истифодаи намудҳои маъмули функсияҳои трофикиро тибқи Холлинг, динамикаи мушоҳидашудаи экосистемаҳои табииро таҳлил намуда ба хулосае омаданд, ки амсилаҳои назариявиро таҷдиди назар кардан лозим аст ва истифодаи функсияи трофикиро пешниҳод намуданд, ки он муносибати байни шумораи даранда ва шумораи қурбониро ифода мекунад.

Дар раванди таҳқиқоти илмӣ аксар вақт функсияи трофикии Холлинг намуди II истифода мешавад, ки шакли зеринро дорад:

$$g(N) = \frac{aN}{1 + ahN} \quad (1)$$

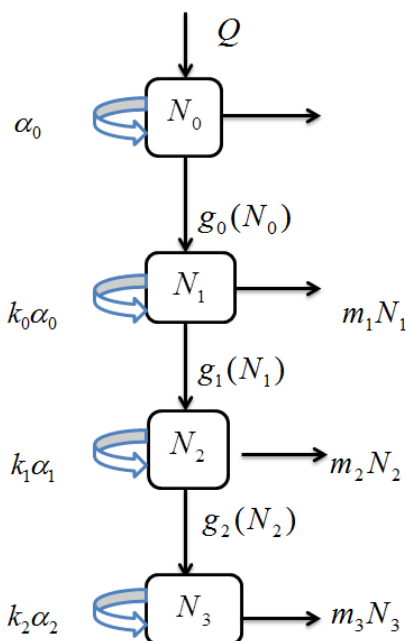
Дар ин ҷо h – вақти аз ҷониби даранда сарфшуда, барои истеъмор, нигоҳ доштан, буғӣ кардан, ғарқ кардан ва ҳазм кардани як қурбонӣ, a – самаранокии ҷустуҷӯи қурбонӣ мебошад. Графики функсияи трофикии Н-II намуди зеринро дорад.



Расми 1. Графики функсияи трофикии намуди Холлинг (Н-II).

Бояд қайд кард, ки функсияи трофикии Н-II воқеан бо функсияи дар шакли гипербола, барои тавсифи вобастагии суръати ҳосил афзоиши аҳоли пешниҳодшуда, рост меояд.

Амсилаи концептуалии масъалаи муҳофизати зироатҳои полезӣ аз ҳашароти зараррасонро дар намуди зерин дида мебароем.



Расми 1. Амсилаи концептуалии масъалаи муҳофизати зироатҳои полезӣ аз ҳашароти зараррасонро бо функцияи трофикии намуди Холлинг (Н-II).

Амсилаи математикии масъалаи муҳофизати зироатҳои полезӣ аз ҳашароти зараррасонро бо функцияҳои трофикии дар намуди зерин дида мебароем.

$$\begin{cases} \frac{dN_0}{dt} = Q - g_0(N_0)N_1, \\ \frac{dN_1}{dt} = k_0\alpha_0 N_0 N_1 - g_1(N_1)N_2 - m_1 N_1, \\ \frac{\partial N_2}{\partial t} + \frac{\partial N_2}{\partial a} = k_1\alpha_1 N_1 N_2 - g_2(N_2)N_3 - m_2 N_2, \\ \frac{\partial N_3}{\partial t} + \frac{\partial N_3}{\partial a} = g_2(N_2)N_3 - m_3 N_3. \end{cases} \quad (2)$$

Дар ин ҷо N_0 - массаи манбаи беруна, Q - суръати дохилшавии манбаи беруна, N_1 - биомассаи растаӣ, N_2 - биомассаи ҳашароти зараррасон N_3 - биомассаи ҳашароти ғайризаҳарон, t - вақт ва a - синну соли ҳашарот.

Қимати функцияи (1) - ро дар муодилаи (2) гузошта ҳосил мекунем:

$$\begin{cases} \frac{dN_0}{dt} = Q - \frac{\alpha N_0 N_1}{1 + \alpha h N_0}, \\ \frac{dN_1}{dt} = k_0\alpha_0 N_0 N_1 - \frac{\alpha N_1 N_2}{1 + \alpha h N_1} - m_1 N_1, \\ \frac{\partial N_2}{\partial t} + \frac{\partial N_2}{\partial a} = k_1\alpha_1 N_1 N_2 - \frac{\alpha N_2 N_3}{1 + \alpha h N_2} - m_2 N_2, \\ \frac{\partial N_3}{\partial t} + \frac{\partial N_3}{\partial a} = \frac{\alpha N_3 N_3}{1 + \alpha h N_3} - m_3 N_3. \end{cases} \quad (3)$$

Системаи муодилаҳои дифференсиалии намуди (3), амсилаи математикии масъалаи муҳофизати зироатҳои полезӣ бо функцияи трофикии намуди Холлинг (Н-II) мебошад.

Ҳалли статсионари масъала. Бигузор амсилаи математикии масъалаи муҳофизати зироатҳои полезӣ бо функцияи трофикии намуди Холлинг (Н-II) дар ҳолати статсионарӣ ба намуди (4) дода шуда бошад.

$$\begin{cases} Q - \frac{\alpha N_0 N_1}{1 + ahN_0} = 0, \\ k_0 \alpha_0 N_0 N_1 - \frac{\alpha N_1 N_2}{1 + ahN_1} - m_1 N_1 = 0, \\ \frac{dN_2}{da} = k_1 \alpha_1 N_1 N_2 - \frac{\alpha N_2 N_3}{1 + ahN_2} - m_2 N_2, \quad N_2(0) = \int_0^{\infty} B_2(a) N_2(a) da, \\ \frac{dN_3}{da} = \frac{\alpha N_3 N_3}{1 + ahN_3} - m_3 N_3, \quad N_3(0) = \int_0^{\infty} B_3(a) N_3(a) da, \end{cases} \quad (4)$$

$\tilde{N}_2 = \int_{\alpha_{i-1}}^{\beta_{i-1}} N_2(a) da$, $\tilde{N}_3 = \int_{\alpha_{i+2}}^{\beta_{i+2}} N_3(a) da$, α_{i-1} , β_{i-1} , α_{i+2} , β_{i+2} - ададҳои ғайриманфии додашуда, $i = \overline{3,5}$.

Масъалаи муҳофизати зироатҳои полезиро барои амсилаи статсионарии (4) ташаккул медиҳем. Бигузур N_1^p - нақшаи пешбинишудаи ҳосили зироатҳои полезиро ифода кунад, $N_1^p \in [N_1^{\min}, N_1^{\max}]$, $N_1^{\min}, N_1^{\max} - \text{const} > 0$, нобаробариҳои $\tilde{N}_2 \leq N_2^p$, $\tilde{N}_3 \leq N_3^p$, дар ин ҷо $N_2^p \geq 0$, $N_3^p \geq 0$ параметрҳои номаълум мебошад. Натиҷаи асосии мавҷудияти ҳолати статсионарии масъалаи муҳофизати зироатҳои полезӣ дар тасдиқоти зерин асоснок карда мешавад.

Теорема. Бигузур агросенози амсилави дар ҳолати мувозинатӣ қарор дошта бошад ва баҳамтаъсиррасонии намудҳои биологӣ аз рӯйи қонуни Волтер амал кунанд, он гоҳ барои он ки шарти $N_1^r \geq N_1^p$, $N_1^p \in [N_1^{\min}, N_1^{\max}]$, $N_1^{\min}, N_1^{\max} - \text{const} > 0$ ҷой дошта бошад, зарур ва кифоя аст, ки нобаробариҳои зерин иҷро гардад.

$$\begin{cases} N_0 \leq \frac{Q}{\alpha N_1 - ahQ}, \\ \tilde{N}_2 = \frac{(1 + ahN_1)(k_0 \alpha_0 N_0 - m_1)}{\alpha}, \\ \tilde{N}_3 \geq N_3^p, \\ \tilde{N}_3 = \frac{(1 + ahN_2)(k_1 \alpha_1 N_1 - m_2)}{\alpha}, \end{cases} \quad (5)$$

Исботи шарти зарурӣ. Бигузур шарти теорема $N_1 \geq N_1^p$, $N_1^p \in [N_1^{\min}, N_1^{\max}]$, ҷой дошта бошад. Исбот мекунем, ки нобаробариҳои (5) низ иҷро мешаванд.

Муодилаи якуми системаи (4)-ро дида мебароем:

$$\begin{aligned} Q - \frac{\alpha N_0 N_1}{1 + ahN_0} &= 0, \\ (1 + ahN_0)Q - \alpha N_0 N_1 &= 0, \\ Q + ahN_0 Q - \alpha N_0 N_1 &= 0, \\ Q + N_0(ahQ - \alpha N_1) &= 0, \\ N_0 &= \frac{Q}{\alpha N_1 - ahQ}. \end{aligned}$$

Барои исботи нобаробарии дуёми системаи (5) аз муодилаи дуёми системаи (4) ҳосил мекунем:

$$\begin{aligned} k_0 \alpha_0 N_0 N_1 - \frac{\alpha N_1 N_2}{1 + ahN_1} - m_1 N_1 &= 0, \\ k_0 \alpha_0 N_0 - \frac{\alpha N_2}{1 + ahN_1} - m_1 &= 0, \\ N_2 &= \frac{(1 + ahN_1)(k_0 \alpha_0 N_0 - m_1)}{\alpha}, \end{aligned}$$

$$N_2 = \frac{(1 + ahN_1)(k_0\alpha_0 \frac{Q}{\alpha N_1 - ahQ} - m_1)}{\alpha},$$

Акнун аз муодилаи сеюми системаи (4) нобаробарии сеюми (5)-ро ҳосил мекунем:

$$\frac{dN_2}{da} = k_1\alpha_1 N_1 N_2 - \frac{\alpha N_2 N_3}{1 + ahN_2} - m_2 N_2,$$

Ҳарду тарафи муодиларо ба N_2 зарб намуда, натиҷаро нисбат ба a интегронида ҳосил мекунем:

$$\int_0^{\infty} N_2(a) \frac{dN_2}{da} da = \int_0^{\infty} N_2^2(a) da [k_1\alpha_1 N_1 - \frac{\alpha N_3}{1 + ahN_2} - m_2]$$

$$\frac{1}{2} N_2^2(\infty) - \frac{1}{2} N_2^2(0) = \int_0^{\infty} N_2^2(a) da [k_1\alpha_1 N_1 - \frac{\alpha N_3}{1 + ahN_2} - m_2]$$

Аз ин ҷо

$$k_1\alpha_1 N_1 - \frac{\alpha N_3}{1 + ahN_2} - m_2 \geq 0$$

$$\alpha N_3 = (1 + ahN_2)(k_1\alpha_1 N_1 - m_2)$$

$$\tilde{N}_3 = \frac{(1 + ahN_2)(k_1\alpha_1 N_1 - m_2)}{\alpha}.$$

ҳамин тавр,

$$\tilde{N}_3 \geq \frac{(1 + ahN_2)(k_1\alpha_1 N_1 - m_2)}{\alpha} = N_3^p,$$

яъне $\tilde{N}_3 \geq N_3^p$, исбот шуд.

Исботи шартӣ кифоягӣ. Бигузур нобаробарии (5) ҷой дошта бошад, нишон медиҳем, ки шартӣ теорема $N_1 \geq N_1^p$, $N_1^p \in [N_1^{\min}, N_1^{\max}]$ низ иҷро мегардад.

Аз муодилаи сеюми системаи (4) ҳосил мекунем:

$$k_1\alpha_1 N_1 - \frac{\alpha N_3}{1 + ahN_2} - m_2 \geq 0$$

$$k_1\alpha_1 N_1 - \frac{\alpha}{1 + ahN_2} \left(\frac{(1 + ahN_2)(k_1\alpha_1 N_1^p - m_2)}{\alpha} \right) - m_2 \geq 0$$

$$k_1\alpha_1 (N_1 - N_1^p) \geq 0, \quad \text{аз ин ҷо } N_1 \geq N_1^p.$$

Барои он ки система дар ҳолати статсионарӣ қарор гирад, лозим аст, ки воридшавии манбаи беруна (ба мисли нуриҳо ё шароити муҳити зист) назар ба истеъмоли он аз ҷониби биомассаи растаниҳо (ҳашароти зараррасон ва ғоидаовар) зиёдтар бошад. Ин шароит кафолат медиҳад, ки биомассаи растани устувор боқӣ мемонад ва ҳосили пешбинишуда таъмин мегардад. Барои ҳосил шудани мувозинат, бояд биомассаи ҳашароти зараррасон назар ба истеъмоли онҳо аз ҷониби ҳашароти ғоидаовар зиёд бошад. Ин нишон медиҳад, ки муносибати байни ҳашароти зараррасон ва ҳашароти ғоидаовар бояд ба таври муассир идора карда шавад, то ки ҳашароти ғоидаовар ба кам кардани зарари ҳашароти зараррасон мусоидат кунанд. Шумораи ҳашароти ғоидаовар бояд дар сатҳе нигоҳ дошта шавад, ки онҳо на танҳо ба ҳашароти зараррасон таъсир расонанд, балки худ аз онҳо устувор бимонанд. Ин маънои онро дорад, ки таносуби устувори агросенос тавассути стратегияи идоракунии экологии ҳашарот имконпазир аст. Истифодаи усулҳои интегратсионӣ, ки аз ҳамгирии усулҳои биологӣ ва кам кардани истифодаи кимиёвӣ иборат аст, барои расидан ба ҳосили пешбинишудаи зироатҳои полезӣ мувофиқ мебошад. Нобаробарии теорема нишон медиҳанд, ки усулҳои табиӣ метавонанд барои беҳтар кардани самаранокии идоракунии агросеносҳо истифода шаванд.

Натиҷаҳои таҳқиқот нишон медиҳанд, ки истифодаи функсияи трофикии намуди Холлинг (Н-II) на танҳо ба таҳқиқи рафтори динамикии система кумак мекунад, балки имкон медиҳад, ки стратегияи самаранокии идоракунии экологӣ барои муҳофизати зироатҳои полезӣ таҳия гардад. Ин равиш метавонад таъсири ҳашароти зараррасонро ба ҳосил ба таври назаррас коҳиш дода, ба ҳосилнокии устувори зироатҳо мусоидат кунад.

АДАБИЁТ:

1. Arditi R., Ginzburg L. Coupling in predator-prey dynamics: ratio-dependence // *Journal of Theoretical Biology*. – 1989, v. 139. – Pp. 311-326.
2. Тютюнов, Ю.В. и др. Явная модель поискового поведения хищника / Ю.В. Тютюнов, Н.Ю. Сапухина, И.Н. Сенина, Р. Ардити // *Журн. общ. биологии*. – 2002. Т. 63. – №2. – С. 137-148.
3. Arditi, R., Berryman, A.A. The biological control paradox / R. Arditi, A.A. Berryman // *Trends Ecol. Evol.* – 1991. Vol. 6. – №1. – P. 32.
4. Кравченко, Р.Г. Математическое моделирование экономических процессов в сельском хозяйстве [Текст] / Р.Г. Кравченко. – М.: Колос, 1978. – 424 с.
5. Логофет, Д.О. Исследование системы пар «хищник-жертва», связанных по конкуренции [Текст] / Д.О. Логофет // *Докл. АН СССР*. – 1975. Т. 224. – №3. – С. 529-531.
6. Масъалаи идоракунии оптималӣ дар амсилаи математикии агроэкологии пахта / Р.Н. Одинаев, А.Н. Фозилҷонов, А.Б. Гафоров, Х.А. Бобиев // *Кишоварз*. – 2021. – No1(90). – P. 36-41. – EDN MTEMWO.
7. Одинаев, Р.Н. Математическое и компьютерное моделирование агроэкологии хлопчатника с учетом возрастной структуры и с произвольными трофическими функциями / Р.Н. Одинаев, А.Б. Гафоров // *Системы и средства информатики*. – 2021. Т. 31. – №2. – С. 173-183. – DOI 10.14357/08696527210216. – EDN HQKZFI.
8. Одинаев, Р.Н. Исследование математической модели агроэкологии хлопчатника в стационарном случае / Р.Н. Одинаев, А.Б. Гафоров // *Доклады Академии наук Республики Таджикистан*. – 2020. Т. 63. – № 11-12. – С. 690-696. – EDN YGQEQT.
9. Одинаев, Р. Н. Моделирование компьютерной системы мухобизати растани ба назардошти синуси сол, тақсими фазои ва бо функцияи ихтиёрии трофикии / Р.Н. Одинаев, П.Л. Нарзуллоев, А.Б. Гафоров // *Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Бахши илмҳои табиӣ*. – 2020. – No2. – P. 16-25. – DOI 10.51884/2413-452X_2020_3_142. – EDN PZDDGD.
10. Свирежев, Ю.М. Нелинейные волны, диссипативные структуры и катастрофы в экологии [Текст] / Ю.М. Свирежев. – М.: Наука, 1987. – 366 с.
11. Юнусов, М.К. Математическая модель интегрированного метода борьбы с вредителями [Текст] / М.К. Юнусов // *Докл АН ТаджССР*. – 1979. Т. 22. – №2. – С. 652-656.
12. Юнусов, М.К. О математическом моделировании экосистем хлопкового поля [Текст] / М.К. Юнусов, М. Нарзикулов, М. Умаров // *Количественные методы в экологии животных*. – Л., 1980. – С. 94-95.

ТАҲҚИҚИ АМСИЛАИ МАТЕМАТИКИИ МАСЪАЛАИ МУҲОФИЗАТИ ЗИРОАТҲОИ ПОЛЕЗӢ АЗ ҲАШАРОТИ ЗАРАРРАСОН ДАР ҲОЛАТИ СТАТСИОНАРӢ БО ФУНКСИЯИ ТРОФИКИИ НАМУДИ ХОЛЛИНГ II (Н-II)

Мақола ба таҳқиқи амсилаи математикии муҳофизати зироатҳои полезӣ аз ҳашароти зараррасон бо истифода аз функцияи трофикии Холлинг II (Н-II) бахшида шудааст. Дар он масъалаи муҳимияти ҳифзи ҳосили кишоварзӣ ҳамчун як самти стратегии таъмини амнияти озукаворӣ таъкид гардида, истифодаи методҳои биологӣ, кимийвӣ ва математикӣ барои коҳиш додани таъсири манфии ҳашароти зараррасон муҳокима мешавад.

Муаллиф истифодаи функцияи трофикии Холлинг II-ро барои таҳияи амсилаи динамикии системаҳои «ҳашароти зараррасон – ҳашароти ғайризаҳаровар» пешниҳод мекунад. Ин функция равобита ба баъди шумораи даранда ва қурбониро тавсиф намуда, имконият медиҳад, ки равандҳои табиӣ ба таври математикӣ баён шаванд.

Тавассути сохтани системаи муодилаҳои дифференсиалӣ ва таҳқиқи ҳолатҳои статсионарӣ, ҳалли математикӣ барои идоракунии равандҳои муҳофизати ҳосили полезӣ пешниҳод шудааст. Теорема оид ба мавҷудияти ҳолати мувозинатӣ асоснок карда шуда, шартҳои зарурӣ ва кифоягӣ барои он баён гардидаанд.

Ин таҳқиқот муҳимияти амсиласозии математикӣ дар ҳалли масъалаҳои экологӣ ва кишоварзиро нишон дода, василаи муассир барои пешгӯии ҳолати системаҳои агроэкологӣ ва таҳияи стратегияҳои самарабахши идоракунӣ маҳсуб меёбад. Дар натиҷа, он метавонад ба кам кардани истифодаи захримикатҳо ва беҳбуди сифати маҳсулоти кишоварзӣ мусоидат намояд.

КАЛИДВОЖАҲО: амсилаи математикӣ, амсилаи концептуалӣ, зироатҳои полезӣ, функцияи трофикии Холлинг II (Н-II), ҳолати статсионарӣ, системаи биологӣ, ҳашароти зараровар, ҳашароти ғайризаҳаровар.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ: Мусоев Сухайлӣ Сайвалиевич, ассистенти кафедраи технологияи иттилоотӣ ва тартиботии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Тел.: (+992) 907-88-88-57; e-mail: suhaily94@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗАДАЧИ ЗАЩИТЫ БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР ОТ ВРЕДНЫХ НАСЕКОМЫХ В СТАЦИОНАРНОМ СЛУЧАЕ С ТРОФИЧЕСКОЙ ФУНКЦИЕЙ ТИПА ХОЛЛИНГА II (H-II)

Статья посвящена исследованию математического метода защиты бахчевых культур от вредителей с использованием трофической функции Холлинга II (H-II). В ней подчеркивается важность защиты сельскохозяйственных культур как стратегического направления обеспечения продовольственной безопасности и обсуждается использование биологических, химических и математических методов для снижения негативного воздействия насекомых-вредителей.

Автор предлагает использовать трофическую функцию Холлинга II для разработки динамической модели систем «вредитель-полезное насекомое». Эта функция описывает взаимосвязь между количеством хищников и жертв и дает возможность математически выразить естественные процессы.

Построив систему дифференциальных уравнений и исследуя стационарные ситуации, были предложены математические решения для управления процессами защиты поля производной. Теорема о существовании состояния равновесия была обоснована, для нее были сформулированы необходимые и достаточные условия.

Это исследование демонстрирует важность математической амплификации в решении экологических и сельскохозяйственных проблем, предлагая эффективные инструменты для прогнозирования состояния агроэкологических систем и разработки эффективных стратегий управления. В результате это может помочь сократить использование пестицидов и улучшить качество сельскохозяйственной продукции.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: математическая модель, концептуальная модель, бахчевые культуры, трофическая функция, Холлинг II (H-II), стационарное состояние, биологическая система, вредные насекомые, полезные насекомые.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Мусоев Сухайли Сайвалиевич, ассистент кафедры информационных и коммуникационных технологий Таджикского национального университета. Тел.: (+992) 907-88-88-57; e-mail: suhaily94@mail.ru

INVESTIGATION OF A MATHEMATICAL MODEL OF THE PROBLEM OF PROTECTING MELON CROPS FROM HARMFUL INSECTS IN THE STATIONARY CASE WITH A TROPHIC FUNCTION OF HOLLING TYPE II (H-II)

The article is devoted to the study of a mathematical method for protecting melons from pests using the trophic Holling function II (H-II). It highlights the importance of crop protection as a strategic direction for ensuring food security and discusses the use of biological, chemical and mathematical methods to reduce the negative effects of insect pests.

The author suggests using the Holling II trophic function to develop a dynamic model of pest-beneficial insect systems. This function describes the relationship between the number of predators and victims and makes it possible to mathematically express natural processes.

By constructing a system of differential equations and investigating stationary situations, mathematical solutions were proposed to control the processes of protecting the derivative field. The theorem on the existence of an equilibrium state has been substantiated, and necessary and sufficient conditions have been formulated for it.

This study demonstrates the importance of mathematical amplification in solving environmental and agricultural problems, offering effective tools for predicting the state of agroecological systems and developing effective management strategies. As a result, it can help reduce the use of pesticides and improve the quality of agricultural products.

KEY WORDS: mathematical model, conceptual model, melon crops, trophic function, Holling II (H-II), stationary state, biological system, harmful insects, beneficial insects.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR: Musoev Suhaili Saivalievich, Assistant of the Department of Information and Communication Technologies at Tajik National University. Phone: (+992) 907-88-88-57; e-mail: suhaily94@mail.ru

ШИША НУРИ ДИДАГОН, ГАРМИИ ХОНАДОН ВА СОФИИ ОСМОН АСТ

Исломов С.

Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав

Шиша яке аз масолеҳи муҳиме мебошад, ки барои тайёр кардани зарфҳо ва асбобҳои лабораторӣ, инчунин таҷҳизоти дигари химиявӣ истифода бурда мешавад.

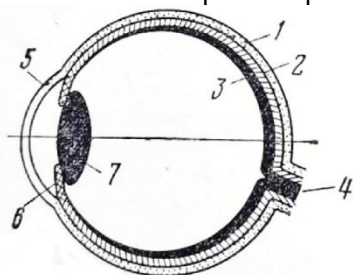
Дурнамои пурмухтавои технология, биотехнология, рушди пуравчи соҳаҳои химия ва истеҳсолоти хоҷагии қишлоқ васеъ кардани таҳқиқоти лабораториро оид ба синтез ва таҳлили масолеҳҳои нав, нуриҳои минералӣ тақозо менамояд, ки дар навбати худ васеъ кардани шабакаи лабораторияҳои химико-технологиро ба миён меорад [1, с. 3].

Шишаи химиявӣ натавонанд дар амалияи лабораторӣ, балки бевосита дар соҳаҳои гуногуни саноат низ истифода бурда мешавад. Даҳсолаҳои охир татбиқи васеи шиша дар истеҳсоли дастгоҳҳои калонҳаҷми саноатӣ, ба монанди гармивазкунакҳо, кубурҳо, колонкаҳои дистиллятсионӣ ва монанди инҳо арзи вучуд намуд.

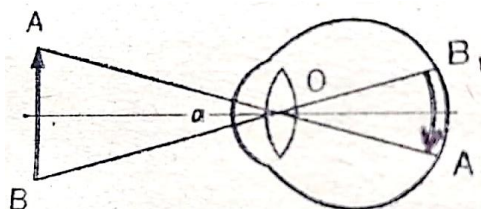
Истифодаи таҷҳизоти шишагин дар саноати химиявӣ, дорусозӣ, хӯрокворӣ имконият фароҳам овард, ки як қатор металлҳои камёфт ва қимат иваз ва дар айни замон, маҳсулоти дараҷаи покишон баланд ба даст оварда шаванд. Устувории химиявӣ, бо осонӣ тоза кардани сатҳ, шафофии шиша, ки имконияти бевосита мушоҳида намудани рафти равандҳо ҳосил мешавад, татбиқи васеи таҷҳизоти шишагинро таъмин мекунад [1, с. 3-4].

Шиша ба инсон аз давраҳои қадим маълум аст. Масалан, муқаррар карда шудааст, ки қариб 6000 сол пеш аз солшумории мо дар Миср шиша истеҳсол карда мешуд. Аммо дар муддати бисёр садсолаҳо онро фақат барои тайёр кардани оинаи тиреза ва зарфҳо истифода мебуданд [2, с. 517].

Манзур аз «шиша нури дидагон аст» гуфтан дар он аст, ки агар шиша намебуд, ба инсон дар хонаи торик истиқомат кардан лозим меомад, зеро ягон моддаи дигар шафофияти шишаро надорад. Нури Офтоб озодона аз қабати шиша ба манзили зист ворид гардида, ба сатҳи ҷисмҳои дохили он меафтад ва аз онҳо инъикос шуда, ба ҷаҳми инсон мебарояд ва тасвири ҳақиқӣ, хурд ва чаппаи онҳоро дар шабакии вай ҳосил менамояд. Ташаккули пурраи тасвири ҷисмҳо дар маркази бинии мағзи сар ба охир мерасад (расмҳои 1 ва 2).



Расми 1. Сохти ҷаҳми инсон: 1 – қабати сафедаи ҷимоявӣ; 2 – пардаи рағдор; 3 – шабакия; 4 – асаби бинӣ; 5 – қарнияти ҷаҳм; 6 – инабия; 7 –



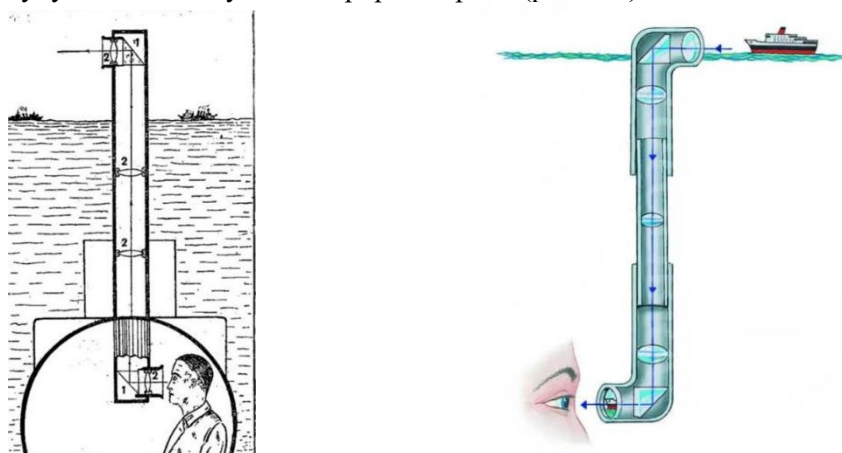
Расми 2. Тасвири ҷисм дар шабакии ҷаҳм.

Инсон ба тӯфайли таҷрибаи ҳаётӣ ба он одат менамояд, ки тасвири хурд ва чаппаро дар шабакии ҷаҳм ҳамчун тасвири андозаҳои ҳақиқӣ дарк намояд [3, с. 425-426].

Шиша натавонанд манзили зистро равшан менамояд, балки онро гарму гуворо месозад. Дар сурати набудани шиша барои нигоҳдории гармии хона ба таври бефосила сӯзонидани ҳезум ва ё дигар сӯзишворӣ зарур шуда менамояд, ки дар натиҷа ҳаёт хеле сангин, тира, ташвишвар ва хатарнок мегардид.

Нақши шиша дар фароҳамсозии озодӣ ва истиқлоли инсон, махсусан дар сад соли охир боз ҳам болотар рафтааст, зеро таърихи башарият гувоҳ аст, ки инсон барои таъмини ин рукнҳои ҳаёт ҳамеша бо душманони дохилию хориҷӣ дар набард буд ва мебошад. Гап дар сари он аст, ки ҳар як мамлакат дар ҳифзи пойдеории худ, яъне осмони соф барои сокинонаш, аз яроку аслиҳаи ҷангӣ истифода менамояд. Дар замони муосир ин яроку аслиҳа танку тӯп, ҳавопаймоҳо ва ҷарҳболҳои ҳарбӣ, ракетаҳои киштиҳои зерӣ ва монанди инҳо мебошанд, ки қисми муҳими таъминкундаи банишонрасии онҳо асбобҳои оптикӣ (шиша) мебошад. Масалан, киштиҳои

зерибӣ бе асбоби оптикии перископ, ки ба ҳайати он имконият медиҳад, аз қаъри баҳр ба рӯи он набаромада, яъне худро ошкор насохта, вазъияти болои баҳро дар нуктаи додашуда назорат намояд, тахти ҳучуми шадиди душман қарор мегиранд (расми 3).

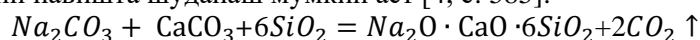


Расми 3. Киштии зерибӣ бо асбоби оптикии перископ.

Амалиёти махсуси ҳарбии Россия (СВО) дар ҷанги Украина (аз 24-уми феввали 2022 то ҳозир) аҳамияти бузурги дастгоҳҳои парвозкунандаи бесарнишинро (БПЛА) нишон дод, ки бо ёрии системаи оптикии худ истеҳкомҳо, ҳайати шахсӣ, танку тӯп ва дигар объектҳои ҳарбии душманро дарёфт менамоянд. Ғайр аз ин, дар қори ҳарбӣ нақши фавқуллода доштани дурбин, найчаи нишонгирӣ, найчаи стереоскопӣ, масофасанҷ, панорамаи артиллерӣ, телеобъектив ва монанди инҳоро ҳам қайд кардан зарур аст, ки ҳамаи онҳо асбобҳои оптикӣ ба шумор мераванд.

Асоси шишаро ҷинсҳои силикатӣ ташкил менамоянд, ки асосан аз элементи химиявии силитсий иборатанд. Силитсий аз ҷиҳати паҳншавӣ баъди оксиген ва гидроген дар ҷои сеюм истода, 16,7 Ҷоизи тамоми атомҳои қишри заминро ташкил менамояд. Қисми асосии массаи силитсий ҷинсҳои силикати қишри замин мебошанд, ки аз пайвастиҳои гуногуни силитсий бо оксиген ва як қатор дигар элементҳо иборатанд. Дуоксиди силитсий SiO_2 , ки қисми асосии пайвастиҳои силитсий ба шумор меравад, асосан дар шакли куми сафед дучор мешавад [4, с. 582].

Шишаи муқаррарӣ аз сода Na_2CO_3 , оҳаксанг $CaCO_3$ ва куми сафед SiO_2 , тайёр карда мешавад. Омехтаи ин моддаҳо дар оташдони махсус, ки шакли ваннаи дарозияш 30 м ва бараш қариб 6 м дорад, пур мекунад ва то ҳарорати 1400-1500°C гарм менамоянд. Массаи ғудохтаро то хориҷ шудани дуоксиди карбон ва дигар газҳо нигоҳ медоранд. Реаксияи умумии ҳосилшавии шишаи муқаррарӣ чунин навишта шуданиш мумкин аст [4, с. 585]:



Ҳангоми хунуқшавӣ шишаи моеъ ҳамон замон саҳт намешавад, балки аввал часпак шуда, шакли дилхоҳро гирифта метавонад. Ин хосияти шиша ҳангоми аз вай ҳар гуна маснуотҳо тайёр намудан истифода бурда мешавад. Аз ваннаи ҳиссаи муайяни массаи ниммоёи хунуқшудаистодаро гирифта, аз он бо роҳи пуфкунӣ (дамакӣ) ва ё пресснамоӣ маснуоти дарқорӣ месозанд.

Хосиятҳои шишаи вобаста ба моддаҳои аввала ва иловаҳои истифодашаванда хеле тағйир ёфта метавонанд. Масалан, агар ба ҷои сода Na_2CO_3 ишқор K_2CO_3 гирифта шавад, он гоҳ шишаи мушқилғудоз ҳосил мегардад, ки барои истеҳсоли зарфҳои лабораторияҳои химиявӣ истифода бурда мешавад. Ҳангоми оҳаксангро $CaCO_3$ ба оксиди қӯрғошим PbO иваз кардан шишаи «булӯрин» ҳосил менамоянд. Ба ҳамин монанд, агар як қисми дуоксиди силитсий SiO_2 бо ангидриди бор B_2O_3 иваз карда шавад, саҳтии шишаи афзуда, ба таъсири химиявӣ ва ба якбора тағйир ёфтани ҳарорат устувор мешавад. Аз ин гуна шиша зарфҳои химиявии баландсифат тайёр менамоянд [5, с. 525].

Дар қатори намудҳои муқаррарии шишаи квартсӣ вучуд дорад, ки таркибаш аз дуоксиди силитсий тоза иборат мебошад. Раванди тайёр намудани ин навъи шиша дар ҳароратҳои аз 1700°C баландтар аз ғудохташавии булӯри қӯҳӣ ва ё қумҳои тозаи квартсӣ иборат мебошад.

Яке аз бартариҳои муфиди шишаи квартсӣ нисбат ба шишаи муқаррарӣ дар он аст, ки он коэффитсиенти васеъшавии ҳароратии тақрибан 15 маротиба хурдтар дорад ва бо зиёдшавии ҳарорат тағйир намеёбад. Ба туфайли ин, зарфи квартсӣ ба тағйироти ҷаҳишноки ҳарорат тоб меорад ва намекафада. Аз тарафи дигар, шишаи квартсӣ қариб нурҳои ултрабунафшро нигоҳ

намедорад (фурӯ намебарад), бинобар ин, онро дар дастгоҳҳои ултрабунафш истифода мебаранд [4, с. 599].

Квартс дар соҳаҳои гуногуни техника истифода бурда мешавад. Одатан кристаллҳои калони онро ба таври сунъӣ месабзонанд. Соли 1958 аз Ҷазокистон кристалли худруи аз ҳама калонтарини квартс ёфт шуд, ки массааш қариб ба 70 тонна баробар буд. Кристалли квартсӣ дар дастгоҳҳои ултрасадоӣ барои ангефонидани мавҷҳои ултрасадо хизмат менамояд [4, с. 589].

Навҳои дигари шиша шишаҳои иенӣ ва пирекс мебошанд, ки ба таъсири об ва кислотаҳо хеле устувор буда, коэффитсиенти хурди васеъшавӣ доранд (маҳсусан шишаи пирекс), бинобар ин, ба тафсонидан хуб тоб меоранд. Аз ин навъи шишаҳо зарфҳои химиявӣ баландсифат тайёр мекунанд. Азбаски шишаи навъи пирекс инчунин мустаҳкамӣ баланди механикӣ низ дорад, бинобар ин, аз он натавон маснуоти рӯзгор, балки зарфҳо барои гузаронидани равандҳои химиявӣ истифода карда мешаванд.

Ҳангоми аз қабати шишаи гудохта дар тахти таъсири фишор пуф кардани бӯғҳои об пахтаи шишагин ҳосил мешавад, ки масолеҳи беҳтарини гармингоҳдоранда ба шумор меравад. Дар вақти омехтаи хокаи шишагин ва моддаҳои қобиляти газхориҷкунандаро тадриҷан то ҳарорати 700-800°C гарм кардан «хафшиша» ҳосил мешавад, ки он масолеҳи шишагини дохилаш пур аз газ мебошад, ки зичии 0,2-0,5 г/см³ дорад. Ин масолеҳ ҳам қобиляти хуби гармингоҳдорӣ дошта, ба замми ин мустаҳкамӣ калони механикӣ дорад ва садоро намегузаронад [4, с. 599].

Ба параметрҳои асосии шишаҳо тавсифкунанда зичӣ, мустаҳкамӣ механикӣ, сахтӣ, хосиятҳои электрикӣ ва ҳароратӣ, устувории химиявиро дохил менамоянд [6, с. 205].

Зичии шишаҳо дар ҳудуди аз 2 то 8 г/см³ тағйир меёбад. Зичии шишаҳои силикати муқаррарӣ ба 2,5 г/см³ наздик мебошад. Зичии шишаҳои аз ҳама вазнини сурбӣ, ки то 80% оксиди сурб PbO доранд, ба зичии оҳан (тақрибан ба 8 г/см³) баробар аст. Шишаи квартсӣ, ки фақат аз оксиди силитсий SiO₂ иборат мебошад, зичии аз ҳама камтарин дорад (2,3 г/см³) [6, с. 205].

Хосиятҳои механикӣ шишаҳо бо ҳудуди мустаҳкамӣ ҳангоми кашидан ва фишурдан муайян карда мешаванд. Ҳудуди мустаҳкамӣ шиша ҳангоми кашидан аз $83 \cdot 10^6$ Н/м² бештар нест ва ҳангоми дар таркиби он афзоиши миқдори диоксидаи силитсий SiO₂ зиёд мешавад.

Сахтши шиша ин қобиляти ба ҳарошидан муқобилият намудани он мебошад. Шиша сахтии намоён дошта бошад ҳам, вале қобиляти пасти тобоварӣ ба зарбахӯрӣ дорад. Ба сахтии аз ҳама калон шишаҳои боросиликатӣ, ки 15% ангидриди бор доранд, соҳибанд, аз ҳама шишаҳои мулоим шишаҳои қурғошимин мебошанд. Сахтии шиша ҳангоми буридан, сайқалдиҳӣ, сӯроҳ намудан ва дигар коркардҳои механикӣ аҳамияти калон дорад.

Шиша ба масолеҳҳои хеле зудшикан (чарс, мурт) дохил мешавад. Шишаҳои боросиликатӣ дорои зудшикании камтарин мебошанд.

Хосияти электрикӣ шишаҳо аз таркиби химиявӣ ва коркарди ҳароратӣ вобаста мебошанд. Дар ҳарорати нормалӣ муқовимати ҳоси электрикӣ шишаҳо ρ аз 10^6 Ом · м то 10^{15} Ом · м тағйир меёбад, аммо дар як қатор шишаҳо ρ баробари 10^6 Ом · м мебошад. Ҳангоми ҳарорати 200° С муқовимати ҳоси электрикӣ шишаҳо нисбат ба ҳарорати нормалӣ 10^4 маротиба кам мешавад [6, с. 206].

Гузaronандагии диэлектрикӣ шишаҳо ϵ аз таркиби онҳо вобаста мебошад. Дар соҳаи ҳароратҳои 20-60°C тағйирёбии ин бузургӣ начандон мебошад, аммо аз ҳарорати 110° С сар карда, гузаронандагии диэлектрикӣ шишаҳои ишқорӣ якбора зиёд мешавад. Гузаронандагии диэлектрикӣ аз ҳама камтаринро шишаи тозаи квартсӣ дорад ($\epsilon = 3,7$).

Аз хосиятҳои ҳароратӣ шишаҳо аз ҳама бештар ҳарорати мулоимшавӣ $T_{\text{мул}}$, коэффитсиенти ҳароратӣ васеъшавӣ хаттӣ TKI , коэффитсиенти васеъшавӣ ҳароратӣ КТР аҳамият доранд [6, с. 206].

Ба сифати ҳарорати мулоимшавӣ шиша ҳароратеро қабул менамоянд, ки дар он часпакии он $10^7 - 10^8$ Па · сон. мебошад. Ҳарорати мулоимшавӣ аксарият шишаҳо дар ҳудуди аз 350 то 1700°C меҳобад (ҳарорати мулоимшавӣ шишаи квартсӣ, ки 100% SiO₂ дорад, 1700°C мебошад).

Шиша қобиляти пасти гармигузаронӣ дорад. Гармигузаронии он вобаста ба ҳарорат тағйир меёбад. Ҳангоми зиёдшавӣ ҳарорат гармигузаронии шиша меафзояд ва дар ҳарорати мулоимшавиаш тақрибан нисбат ба гармигузаронии он дар ҳарорати ҳонагӣ 2 маротиба зиёд мешавад.

Коэффитсиенти ҳароратӣ васеъшавӣ хаттӣ шишаҳо TKI аз $5,5 \cdot 10^{-7}$ то $150 \cdot 10^{-7}$ К⁻¹ тағйир меёбад. Аз рӯи ин коэффитсиенти шиша барои устувории шиша ба зарбаҳои ҳароратӣ баҳо додан муҳим мебошад: ҳарчӣ қадар TKI хурд бошад, устувории шиша ба зарбаҳои ҳароратӣ

ҳамон қадар зиёд аст. Қимати TKl ҳангоми пайвасти шиша бо дигар масолехҳо ва ё ҳангоми бо шишаэмаля рӯйпӯш кардани сатҳҳои гуногун ба эътибор гирифта мешавад. Қимати TKl – и шиша ва масолехҳои ба он пайвандшаванда бояд тақрибан ба ҳамдигар баробар бошанд.

Мансубияти шишаҳо ба гурӯҳи молибденӣ ва ё волфрамӣ бо наздик будани TKl – и шишаҳо ва TKl – и молибден ва волфрам маънидод карда мешавад, ки дар асбобҳои электровакуумӣ ба таври васеъ истифода бурда мешаванд. Коэффитсиенти васеъшавии ҳароратии шишаҳо КТР аз $5 \cdot 10^{-8}$ то $8 \cdot 10^{-7}$ $1/^\circ\text{C}$ тағйир меёбад. Шишаи квартсӣ коэффитсиенти васеъшавии ҳароратии хурдтарин дорад. Шишаҳое, ки КТР-и начандон калон доранд, ба якбора тағйирёбии ҳарорат устувор мебошанд. Ҳангоми ба шиша омехта кардани оксидҳои ишқорӣ коэффитсиенти васеъшавии он хеле зиёд мешавад. Афзоиши миқдори SiO_2 ва B_2O_3 дар таркиби шиша коэффитсиенти васеъшавии ҳароратиро ба 15% паст мекунад. Дар истеҳсоли асбобҳои электровакуумӣ ва нимқоқилҳо шишаҳо аз рӯйи ТКР тасниф карда мешаванд [6, с. 207].

Ба шишаҳои саҳт ва ё мушкилгудоз шишаҳоеро дохил мекунанд, ки КТР-и на бештар аз $55 \cdot 10^{-7}$ $1/^\circ\text{C}$ доранд. Шишаҳои мушкилгудоз таркиби боросиликатӣ ё алюмосиликатӣ дошта, ба хосиятҳои баланди диэлектрикӣ, гармоустуворӣ ва ҳарорати мулоимшавӣ соҳиб мебошанд, инчунин мустаҳкамии баланди механикӣ доранд.

Ба шишаҳои мулоим ва ё осонгудоз шишаҳоеро дохил менамоянд, ки КТР-и аз $60 \cdot 10^{-7}$ $1/^\circ\text{C}$ бештар доранд. Ин шишаҳо таркиби курғошимӣ, баритовӣ ё магнезиалӣ доранд ва барои тайёр кардани колбаҳо, пояҳо, штангелҳо истифода бурда мешаванд.

Дар тамғаи шишаҳо (масалан С52-1) ҳарфи С маънои шиша, адади дурақама коэффитсиенти васеъшавии ҳароратӣ КТР, рақами охирин бошад, рақами тартибии лоиҳаи истеҳсоли ин шишаро мефаҳмонад.

Устувории химиявии шиша аз бисёр ҷиҳат аз таркиби химиявии вай вобаста мебошад. Шиша устувории нисбатан баланди химиявӣ дорад, вале об, ишқорҳо ва кислотаҳо оҳиста-оҳиста сатҳи онро вайрон мекунанд. Бо зиёдшавии ҳарорати об, ишқорҳо ва кислотаҳо вайроншавии шиша меафзояд. Шиша дар кислотаи плавик хеле хуб ҳал мешавад, бинобар ин, ҳангоми бо омехтаи кислотаи плавик ва нитрат тезобдиҳии масолехҳои нимқоқилӣ зарфи шишагинро истифода бурдан мумкин нест [6, с. 207].

Аз рӯйи устувории химиявӣ шишаҳо ба панҷ синфи гидролитикӣ ҷудо карда мешаванд.

Шишаҳои электровакуумиро барои тайёр кардани баллонҳои лампаҳои газоразрядӣ ва электронӣ, ҷилди (қабати болоии) лампаҳои рентгенӣ, кинескопҳо ва ғайраҳо истифода мебаранд.

Шишаҳои изоляториро барои герметизатсияи баромадҳои як қатор конденсаторҳо, терморезисторҳо, инчунин дар корпуси микросхемаҳо истифода мебаранд. Шишаҳои боросиликатӣ ва алюмосиликатӣ барои тайёр кардани тағмонакҳое, ки дар онҳо элементҳои микросхемаҳо васл карда мешаванд, татбиқ ёфтаанд.

Шишаэмаля шишаҳои зудгудозе мебошанд, ки дар сатҳи маснуотҳо бо мақсади ҳимоя аз коррозия, изолятсияи электрикӣ, инчунин барои эстетикаи намуди берунӣ молида шуда, баъд онро саҳт метафсонанд. Дар натиҷаи гудохтшавӣ эмаля дар тамоми сатҳи маснуот паҳн гардида, баъди хунуқшавӣ ба шакли рӯйпӯши яклухти тунук (0,1-1,0 мм) боқӣ мемонад.

Ба сифати масолеҳи электроизоляциясони шишаэмаляҳо дар резисторҳои найчашакли дарунҳолӣ истифода мебаранд. Дар сатҳи берунии найчаи кёрамикӣ аз ноқил ғалтак печонида мешавад, ки онро бо қабати эмаля мепӯшонанд. Эмаля дар байни печонҳои алоҳида, дар байни қабат ва муҳити беруна изолятсия ҳосил менамояд ва резисторро аз оксидшавӣ, намнокӣ ва монанди инҳо муҳофизат мекунад [6, с. 208].

Шишаи оптикӣ шишаи якҷинса, шаффоф ва рангкардаи таркиби химиявиаш ҳархела мебошад. Ин шишаро барои тайёр кардани линзаҳо, призмаҳо, кюветаҳо ва монанди инҳо истифода мебаранд. Ду намуди шишаҳои оптикӣ аз ҳамдигар фарқ мекунанд: 1) флинтҳо (дар таркибашон аз 26 то 65% PbO , боқимонда SiO_2 ва дигар оксидҳо доранд); 2) кронҳо (таркибашон аз 32 то 72% SiO_2 , боқимонда B_2O_3 ва оксиди металлҳои ишқорӣ ва дигар элементҳо иборатанд) [7, с.173].

Шишаи ҳалшаванда хамираи шишамонанде мебошад, ки аз омехтаи силикатҳои натрий ва калий иборат аст. Онро бо роҳи гудохтани омехтаи SiO_2 ва карбонатҳои калий ва натрий ҳосил менамоянд. Шишаи ҳалшавандаро дар шакли маҳлулҳои обӣ шишаи моеъ менамоянд, ки барои тайёр кардани семент ва бетони ба таъсири кислотаҳо устувор, барои тайёр кардани рангҳои ба оташ устувор, барои мустаҳкам кардани заминҳои (хокҳои) сусти ва монанди инҳо истифода мебаранд [7, с. 173].

Шишапластикҳо пластмассаҳо мебошанд, ки аз пуркунандаи шишагӣ (нахи шишагӣ, нахи квартсӣ ва ғайра) ва моддаи алоқамандкунанда (полимерҳои терморективӣ ва термопластикӣ) иборатанд. Шишапластикҳо аз пӯлод 3-4 маротиба сабуктаранд, аммо мустаҳкамашон аз он кам нест, бинобар ин, металл ва ҷӯбро ба хубӣ иваз карда метавонанд. Аз шишапластикҳо қубурҳои ба фишорҳои баланди гидравликӣ тобовар ва ба коррозия дучорнашаванда тайёр мекунад. Шишапластикҳо дар саноати автомобилӣ, авиатсионӣ, киштисозӣ ва бисёр дигар соҳаҳои хоҷагии халқ истифода бурда мешаванд.

Шишаи органикӣ хамираи шаффофу беранге мебошад, ки дар натиҷаи полимеризатсияи эфири метили кислотаи метакрилӣ ва ё баъзан полимеризатсияи стирол ҳосил карда мешавад. Коркарди шишаи органикӣ хеле осон буда, аз он дар саноати самолётсозӣ ва мошинабарорӣ масолеҳи varaқин месозанд, инчунин барои тайёр кардани маснуоти рӯзгор истифода бурда мешавад.

Нахи шишагин ресмонҳои бо роҳи аз сӯроҳии хурд (филерҳо) кашидани шишаи ғудохта ҳосилшаванда мебошад, ки диаметрашон аз 2 то 10 мкм аст. Онҳо зудшикан (мурт) нестанд ва мустаҳкамии калони кандашавӣ доранд. Матоҳои аз ин наҳо тайёркардашуда насӯзанда буда, хосиятҳои хуби гарминигоҳдорандагӣ, ҷараён ва садопазирӣ доранд [5, с. 526].

АДАБИЁТ:

1. Дуброво С.К. Стекло для лабораторных изделий и химической аппаратуры. – М.: Наука, 1965. – 106 с.
2. Егоров А.П., Шерешевский А.И., Шманков И.В. Общая химическая технология неорганических веществ. – М.: Госхимиздат, 1955. – 551 с.
3. Безденежных Е.А., Шевченко А.Ф. Физика. – М.: Медицина, 1978. – 544 с.
4. Некрасов Б.В. Основы общей химии, Т.1. – М.: Химия, 1973. – 656 с.
5. Глинка Н.Л. Общая химия. – М.: Химия, 1973. – 727 с.
6. Журавлева Л.В. Электроматериаловедение. – М.: Проф. обр. издат., 2001. – 312 с.
7. Бусев А.И., Ефимов И.П. Определения, понятия, термины в химии. – М.: Просвещение, 1977. – 224 с.

ШИША НУРИ ДИДАГОН, ГАРМИИ ХОНАДОН ВА СОФИИ ОСМОН АСТ

Дар мақола нақши шиша дар фароҳамсозии шароитҳои арзандаи зиндагӣ, таъмини озодӣ ва истиқлоли инсон, яъне осмони соф нишон дода шудааст. Ин ҷанбаҳои ҳаётии шиша бо шаффофияти он, ки дар натиҷа рӯшноӣ ба манзили зист дохил шуда, онро равшан менамояд, гармии хонаро нигоҳ медорад ва бо таъмини банишонрасии яроқу аслиҳаи ҳарбӣ (танку тӯп, киштиҳои зеробӣ, дастгоҳҳои парвозкунандаи бесарнишин, найчаи нишонгирӣ, масофасанҷ, панораи артиллерӣ ва монанди инҳо) ба туфайли истифодаи шиша дар таҷҳизоти оптикӣ онҳо алоқаманд мебошад.

Қайд карда шудааст, ки шиша яке аз масолеҳи муҳиме мебошад, ки барои тайёр кардани зарфҳо ва асбобҳои лабораторӣ, инчунин таҷҳизоти дигари химиявӣ истифода бурда мешавад. Шишаи химиявӣ натавонанд дар амалияи лабораторӣ, балки бевосита дар соҳаҳои гуногуни саноат низ татбиқи худро ёфтааст. Даҳсолаҳои охир истифодаи васеи шиша дар истеҳсоли дастгоҳҳои калонҳаҷми саноатӣ, ба монанди гарминвазкунакҳо, қубурҳо, колонкаҳои дистиллятсионӣ ва монанди инҳо арзи вучуд намуд.

Истифодаи таҷҳизоти шишагин дар саноати химиявӣ, дорусозӣ, ҳуҷроворӣ имконият фароҳам овард, ки як қатор металлҳои камёфт ва қимат иваз ва дар айни замон, маҳсулоти дараҷаи покишон баланд ба даст оварда шаванд. Устувории химиявӣ, бо осонӣ тоза кардани сатҳ, шаффофии шиша, ки имконияти бевосита мушоҳида намудани рафти равандҳо ҳосил мешавад, татбиқи васеи таҷҳизоти шишагинро таъмин мекунад.

КАЛИДВОЖАҲО: шиша, таҷҳизоти оптикӣ, шишаи квартсӣ, шишаи иенӣ, пирекс, пахтаи шишагин, хафшиша, хосиятҳои ҳароратии шишаҳо, шишаи оптикӣ, шишаи ҳалшаванда, шишапластикҳо, шишаи органикӣ, нахи шишагин.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ: Исломов Сафархоча, номзади илмҳои техникаӣ, дотсенти кафедраи методикаи таълими технологияи Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав. Тел.: (+992) 989-02-44-92.

СТЕКЛО – ЭТО СВЕТ ОЧЕЙ, ЖИЛИЩЕ ТЕПЛО И ЯСНОЕ НЕБО

В статье рассматривается роль стекла в обеспечении комфортных условий жизнедеятельности людей и его значении в сохранении завоеваний человеком свободу и независимость, т.е. ясное небо. Эти жизненно – важные свойства связаны во первых, с прозрачностью стекла, в результате которого луч света, проникая в жилище освещает его, а также с тем, что стекло сохраняет тепла в доме, во – вторых, стекло является важным элементом оптических приборов, обеспечивающих меткость выстрела орудий и снаряжения (танки и артиллерийские орудия, подводные лодки, беспилотные летательные аппараты, прицельные трубки, дальномеры, артиллерийские панорамы и т.п.).

Отмечается что, стекло является одним важных материалов, применяемого для изготовления лабораторных посуды и приборов, а также для химической аппаратуры. Химическое стекло находит применение не только в лабораторной практике. Оно используется и непосредственно в различных

отраслях промышленности. В последние десятилетие началось широкое применение стекол для изготовления крупной промышленной аппаратуры: теплообменников, трубопроводов, дистилляционных колонок, насосов для перекачивания агрессивных жидкостей и т.д.

Применение стеклянной аппаратуры в химической, фармацевтической, пищевой промышленности позволило успешно заменить ряд дефицитных металлов, обеспечив при этом получение продуктов высокой степени чистоты. Химическая устойчивость, легкость очистки поверхности, прозрачность стекла, позволяющая легко наблюдать за ходом процесса, обеспечивают стеклянной аппаратуре широкое применение.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: стекло, оптические приборы, кварцевое стекло, иенское стекло, пирекс, стеклянная вата, пеностекло, термические свойства стекол, оптическое стекло, растворимое стекло, стеклопластики, органическое стекло, стеклянное волокно.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Исломов Сафарходжа, кандидат технических наук, доцент кафедры методики преподавания технологии Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. Тел.: (+992) 989-02-44-92.

GLASS IS THE LIGHT OF THE EYES, THE DWELLING IS WARM AND THE SKY IS CLEAR

The article examines the role of glass in providing comfortable living conditions for people and its importance in preserving human conquests of freedom and independence, i.e. clear skies. These vital properties are connected firstly with the transparency of glass, as a result of which a ray of light penetrating into a dwelling illuminates it, as well as with the fact that glass retains heat in the house, secondly, glass is an important element of optical devices that ensure the accuracy of firing weapons and equipment (tanks and artillery pieces, submarines, unmanned aerial vehicles, sighting tubes, rangefinders, artillery panoramas, etc.).

It is noted that glass is one of the important materials used for the manufacture of laboratory utensils and devices, as well as for chemical equipment. Chemical glass is used not only in laboratory practice. It is also used directly in various industries. In the last decade, glass has been widely used for the manufacture of large industrial equipment: heat exchangers, pipelines, distillation columns, pumps for pumping aggressive liquids, etc.

The use of glass equipment in the chemical, pharmaceutical, and food industries has made it possible to successfully replace a number of scarce metals, while ensuring the production of products of a high degree of purity. Chemical resistance, ease of surface cleaning, transparency of the glass, which makes it easy to observe the progress of the process, provide glass equipment with wide application.

KEY WORDS: glass, optical devices, quartz glass, Yen glass, pyrex, glass wool, foam glass, thermal properties of glasses, optical glass, soluble glass, fiberglass, organic glass, glass fiber.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR: Islomov Safarkhoja, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Methods of Teaching Technology at Bokhtar State University named after Nosiri Khusrav. Phone: (+992) 989-02-44-92.

УДК 615.19.072

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТЕНИЯ ГОРЕЦ ПТИЧИЙ, МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ

Бахдавлатов А.Д., Сафаров А.Г., Ботуров К., Рузиев К.А.

Физико-технический институт имени С.У. Умаров

Давлатмамадова С.Ш.

Таджикский национальный университет

Введение

Метод ИК-спектроскопии (ИКС), основан на поглощении электромагнитного излучения инфракрасного диапазона, молекулами изучаемого вещества, при котором происходит возбуждение колебательных и вращательных состояний. ИКС является фундаментальным методом исследования структуры химических соединений. ИК-спектры поглощения, отражения или рассеяния, несут чрезвычайно богатую информацию о составе и свойствах пробы. Сопоставляя, ИК-спектр исследуемого «неизвестного» образца со спектрами известных, можно идентифицировать исследуемые образцы, определить основной состав пищевых продуктов, обнаружить примеси, провести фракционный или структурно групповой анализ. Методом корреляционного анализа по ИК-спектру пробы, также можно определить его физико-химические или биологические характеристики, например, всхожесть семян, калорийность пищевых продуктов, химический состав, размер гранул, плотность и т.д. В настоящее время имеются доступные базы ИК-спектров технических и пищевых добавок, лекарственных препаратов, поли- и мономеров, ПАВ, пластификаторов, ядохимикатов, растворителей, нефтепродуктов, токсичных веществ, стероидов и других соединений, имеющих, в основном, однокомпонентный состав. Однако, отсутствует достоверная, полная и доступная база ИК-

спектров пищевых продуктов и лекарственного растительного сырья (ЛРС), имеющих многокомпонентный состав, необходимый для решения конкретных практических задач [1-7].

Известно, что растения способны накапливать разные БАВ. Для их идентификации широко используются, как сепарационные, так и спектральные методы, при этом идентификация предполагает выделение суммы экстрактивных веществ и, как правило, выделение целевой фракции. В то же время, представляет интерес использование для этих целей экспресс-методов неразрушающего контроля, которые позволяют проводить идентификацию сырья в максимально короткое время. Для идентификации ЛРС может быть, более объективным использование ИК-спектроскопии с Фурье преобразованием. Следует отметить, что использование данного метода в анализе ЛРС крайне мало распространено, лишь в некоторых работах приводятся результаты таких исследований [2-7]. Поскольку, получать таблетки измельченного ЛРС с калия бромидом достаточно сложно, представляется возможным использование метода, нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО). При этом в качестве объекта исследования может выступать измельчённое до необходимых размеров ЛРС. В связи с этим, представляется актуальным изучение возможности использования метода ИК-спектроскопии с Фурье преобразованием, для оценки подлинности ЛРС.

Целью настоящего исследования, являлось изучение возможности применения ИК – спектроскопии для идентификации лекарственного растения горец и морфологических групп.

Объектом исследования, являлось высушенное измельченное лекарственное растение горец западного Памира, ущелья реки Хуф, различных морфологических групп.

Результаты эксперимента

Изучение подлинности объектов исследования методом ИКС, проведены на базе лаборатории молекулярной спектроскопии Физико-технического института им. С.У. Умарова НАНТ. Вид, полученных спектров от составных частей (листья, стебли и корни) лекарственного растения горец, которые собраны из западного Памира, ущелья реки Хуф, на высоте 2600 метров. На рис. 1 а, б, в представлены вид полученных ИК-спектров лекарственного растения горец.

Согласно изучению полученных ИК-спектров на листьях (а), стеблях (б) и корне (в) лекарственного растения горец западного Памира ущелья реки Хуф, наблюдается отличия в рисунке и степени интенсивности полос поглощения. Качественные и количественные анализы показывают, что в траве горца птичьего содержатся дубильные вещества (1,8-4,8%); флавоноиды (до 9,4 %): авикулярин, гиперин, изорамнетин, мирицетин, кверцетин, кемпферол; эфирное масло; витамины С, Е, каротин; кумарины (скополетин, умбеллиферон), фенолкарбоновые кислоты (галловая, кофейная, β -кумаровая, хлорогеновая), антрахиноны, соединения кремниевой кислоты (до 4,5%), смолы, слизи, жиры, сахара, макроэлементы: калий, кальций, магний, железо; микроэлементы.

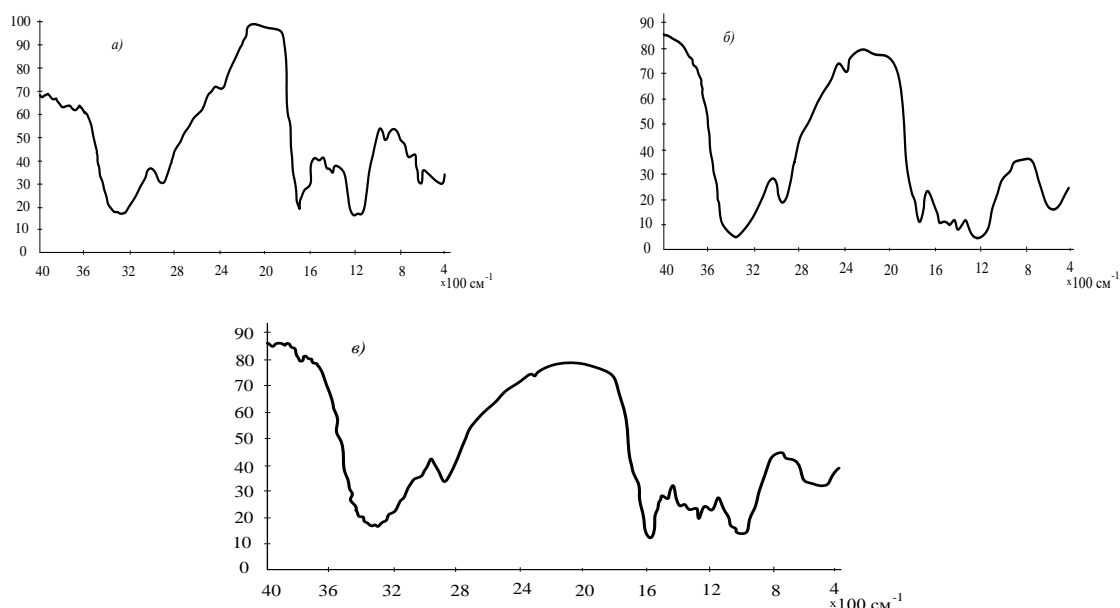


Рис. 1. Вид полученных ИК-спектров от листьев (а), стеблей (б) и корней (в), лекарственного растения горец западного Памира ущелья реки Хуф.

Диапазон основных колебаний молекул, называемый «средний инфракрасный», лежит между волновыми числами от 4000 до 400 см⁻¹. Во всех спектрах, исследованных образцов обнаружены полосы поглощения, отражающие общий химический состав.

Анализ спектров показывает, что их рисунок строго специфичен для каждой части лекарственного растения горец западного Памира ущелья реки Хуф, на высоте 2600 м (рис. 1а, б, в). Тем не менее, у каждой части исследуемого лекарственного растения горец в ИК- спектрах, имеются сходные области полос поглощения по положению, но различающиеся своей интенсивностью. Отнесение характеристических частот поглощения в ИК-спектрах лекарственного растения горец западная Памира в ущелья реки Хуф на высоте 2600 м, исследуемых видов приведено в рисунке 1а, б, в.

В ИК-спектрах порошков, полученного из изучаемого лекарственного растения горец, собранного в западном Памире в ущелья реки Хуф, на высоте 2600 м, видны характерные для ароматической части флавоноидов полосы поглощения (рис. 1а, б, в): пик 3330-2850 см⁻¹, соответствующее фенольно-оксидной группе), пик 1700-1600 см⁻¹ и соответствует карбонильной группе γ-пирона), 1500-1410 см⁻¹ скелетные колебания ароматических колец, максимумы при 2950-2880 см⁻¹, свидетельствующее о наличии меток сильных групп. Полосы поглощения связаны с наличием фенольных соединений, обусловленные валентными колебаниями свободных групп -ОН, внутренних и межмолекулярных водородных связей в димерах и полимерах (частоты 3400-3200 см⁻¹). Характерные пики также отмечаются в области от 2000 до 1380 см⁻¹. Главная полоса при 1657-1628 см⁻¹ вызвана двойной связью кислородного цикла, который сопряжен с бензольным ядром. Некоторые полосы в этом диапазоне характерны для бензольного ядра. У всех флавоноидов два адсорбционных максимума: 1580 см⁻¹ и 1520 см⁻¹, которые имеют большую и среднюю интенсивность. Полоса 1720 см⁻¹ характерна для ацилированной кофейной кислоты, при 1690 см⁻¹ - н-кумаровой, 1726 см⁻¹ – уксусной. Пик при 1460-1440 см⁻¹ относится к деформационным колебаниям -СН- в -СН₂-, пик слабой интенсивности, при 1410 см⁻¹ соответствует совместной полосе валентных колебаний С-О и плоскостных деформационных колебаний -ОН в -СООН. Необходимо отметить группу слабых полос в области от 1200 см⁻¹ до 1410 см⁻¹, которые характерны для колебаний -СН₂- в карбоновые кислоты, число которых дает сведения о длине углеродной цепи.

Заключение. Результаты исследования показывают, что в лекарственном растении горец, собранного из ущелья реки Хуф, расположенного в западном Памире на высоте 2600 м, существуют следующие валентные колебательные функциональные группы, с различными частотами спектра: -СН₂-групп при частоте 2930 см⁻¹, групп СООН (частоты 1760; 1725-1700 см⁻¹), ОН-группы (частоты 3300-2500 см⁻¹), групп С-О связей (частоты 1320-1210 см⁻¹). колебания С-О-С в эфирах ароматических кислот (частоты 1300-1250 см⁻¹). Наличие выше указанных функциональных групп, свидетельствуют о лечебном свойстве растения горец, для удаления камней из почек, желчного и мочевого пузырей, противовоспалительное, желчегонное, кровоостанавливающее, вяжущее (в том числе при дизентерии), противоопухолевое действие. Отвар травы способствует укреплению волос.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Казицына Л.А., Куплетская Н.Б. Применение УФ-, ИК- и ЯМР- спектроскопии в органической химии. – Москва: Высшая школа, 1971. – 264 с.
2. Голубцова Ю.В. // Техника и технология пищевых производств. – 2017. Т. 45. – №2. – С. 126-132.
3. Авилова И.А. // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания. – 2016. – №4. – С. 71-74.
4. Выговтов А.А. // Ученые записки СПб. филиала РТА. – 2010. – №1(35). – С. 193-196.
5. Мухутдинов Р.Р., Пилипенко Т.В. / Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова, 2017. – №1. – С. 243.
6. Генералов Е.А. // Auditorium. – 2015. – №4(08). – С. 38-54.
7. Съедин А.В., Орловская Т.В., Гаврилин М.В. // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – №1. – С. 367.

ТАҲҚИҚИ ТАРКИБИ СОҲТОРИ ҚИСМҲОИ РАСТАНИИ ШИФОБАХШИ РАҲДАВАК БО УСУЛИ СПЕКТРОСКОПИЯИ ИС

Спектроскопияи ИС яке аз усулҳои бунёдии омӯзиши соҳтори пайвастагиҳои химиявӣ мебошад. Таҳлили спектрҳои ИС-и ба дастмадаи растании шифобахш дар кӯхистони Помири ғарбӣ, дараи дарёи Хуф дар баландии 2600 м нишон медиҳад, ки таркиби он аз гурӯҳҳои гуногуни микрофункционалӣ иборат аст. Ин аз таъсири омилҳои антропогенӣ маҳалли афзоиш ба раванди биосинтези соҳтори молекулавӣ организмҳои растани, пеш аз ҳама, аз системаи пайвандҳои байнимолекулии гидрогенӣ шаҳодат медиҳад ва аз ин рӯ, метавонад ба ҳосиятҳои шифобахши онҳо низ таъсир расонад.

КАЛИДВОЖАҲО: спектроскопияи ИС, алокаи гидроген, ҳаҷҳои абсорбсияи маркерӣ.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН: Бахдавлатов Асратбек Давлатбекович, номзади илмҳои техникӣ, мудири лабораторияи спектроскопияи молекулярӣ Институти физикаю техникаи ба номи С.У. Умарови Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. Тел.: (+992) 907-78-22-07.

Давлатмамадова Саъбик Шомамадовна, номзади илмҳои физикаю математика, дотсенти, Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Тел.: (+992) 93-538-26-67.

Сафаров Амиршо Гоибович, доктори илмҳои техникӣ, дотсент, роҳбари Маркази омӯзиш ва истифодаи манбаъҳои барқароршавандаи энергияи Институти физикаю техникаи ба номи С.У. Умарови Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. Тел.: (+992) 975-16-51-64.

Ботуров Қодир, номзади илмҳои физикаю математика, ходими пешбари илмии Маркази омӯзиш ва истифодаи манбаъҳои барқароршавандаи энергияи Институти физикаю техникаи ба номи С.У. Умарови Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. Тел.: (+992) 93-543-33-77.

Рӯзиев Комилҷон Алишерович, муҳандиси пешбари лабораторияи спектроскопияи молекулярӣ Институти физикаю техникаи ба номи С.У. Умарови Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. Тел.: (+992) 915-54-40-49.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТЕНИЯ ГОРЕЦ ПТИЧИЙ, МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ

Согласно изучению полученных ИК-спектров на листьях (а), стеблях (б) и корне (в) лекарственного растения горец западный Памир ущелья реки Хуф, покажет отличия в рисунке и степени интенсивности полос поглощения. Качественные и количественные анализы показывают, что в траве горца птичьего содержатся дубильные вещества (1,8-4,8%); флавоноиды (до 9,4%): авикулярин, гиперин, изорамнетин, мирицетин, кверцетин, кемпферол; эфирное масло; витамины С, Е, каротин; кумарины (скополетин, умбеллиферон), фенолкарбоновые кислоты (галловая, кофейная, β-кумаровая, хлорогеновая), антрахиноны, соединения кремниевой кислоты (до 4,5%), смолы, слизи, жиры, сахара, макроэлементы: калий, кальций, магний, железо; микроэлементы.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Бахдавлатов Асратбек Давлатбекович, кандидат технических наук, заведующий лабораторией молекулярной спектроскопии Физико-технического института имени С.У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана. Тел.: (+992) 907-78-22-07.

Давлатмамадова Саъбик Шомамадовна, кандидат физико-математических наук, доцент Таджикского национального университета. Тел.: (+992) 93-538-26-67.

Сафаров Амиршо Гоибович, доктор технических наук, доцент, руководитель Центра по изучению и использованию возобновляемых источников энергии Физико-технического института имени С.У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана. Тел.: (+992) 975-16-51-64.

Ботуров Қодир, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Центра по изучению и использованию возобновляемых источников энергии Физико-технического института имени С.У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана. Тел.: (+992) 93-543-33-77.

Рӯзиев Комилҷон Алишерович, ведущий инженер лаборатории молекулярной спектроскопии Физико-технического института имени С.У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана. Тел.: (+992) 915-54-40-49.

STUDY OF THE STRUCTURE OF THE COMPONENTS OF THE MEDICINAL PLANT KNOTWOGGYN BY THE METHOD OF IR SPECTROSCOPY

IR spectroscopy is one of the fundamental methods for studying the structure of chemical compounds. Analysis of the obtained IR spectra of the medicinal plant in the western Pamirs, the gorge of the Khuf River at an altitude of 2600 m, shows that its content consists of various microfunctional groups. This indicates the influence of anthropogenic factors of the place of growth on the process of biosynthesis of the molecular structure of plant organisms, primarily on the system of inter- and intramolecular hydrogen bonds and, therefore, can also affect their medicinal properties.

KEY WORDS: IR spectroscopy, hydrogen bond, marker absorption bands.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS: Bakhdavlatov Asratbek Davlatbekovich, Candidate of Technical Sciences, Head of the Laboratory of Molecular Spectroscopy at Institute of Physics and Technology named after S.U. Umarov of the National Academy of Sciences of Tajikistan. Phone: (+992) 907-78-22-07.

Dawlatmamadova Sabik Shomamadovna, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor at Tajik National University. Phone: (+992) 93-538-26-67.

Safarov Amirsho Goibovich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Center for the Study and Use of Renewable Energy Sources at Institute of Physics and Technology named after S.U. Umarov of the National Academy of Sciences of Tajikistan. Phone: (+992) 975-16-51-64.

Boturov Qodir, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Leading Researcher of the Center for the Study and Use of Renewable Energy Sources at Institute of Physics and Technology named after S.U. Umarov of the National Academy of Sciences of Tajikistan. Phone: (+992) 93-543-33-77.

Ruziev Komiljon Alisherovich, Senior Engineer of the Laboratory of Molecular Spectroscopy at Institute of Physics and Technology named after S.U. Umarov of the National Academy of Sciences of Tajikistan. Phone: (+992) 915-54-40-49.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТЬ ВОЛОКНА НА СТЕПЕНЬ ОЧИЩАЕМОСТИ ХЛОПКА-СЫРЦА

Тохтаров С.Т.

Бохтарский государственный университет имени Носира Хусрава

Практика работы хлопкоперерабатывающих предприятий показывают, что стабильность работы технологического оборудования и в целом качество конечной продукции зависит от влажностного состояния обрабатываемого материала. Известно, что технологическая влажность хлопка-сырца для I и II сортов средневолокнистого хлопка при первичной его обработке должно соответствовать влажности 8,0-9,0%, для остальных сортов 10,0%, а для всех сортов длиноволокнистого хлопка 6,5-7,0%. В связи с тем, что хлопок-сырец относится к многокомпонентным материалом, и состоит из волокна и семян, то его влажность тоже складывается из влажности волокна и влажности семян. Поэтому технологическое воздействие на один из компонентов и показателя приводит к изменению численного показателя другого компонента. На практике предложенный оптимальный показатель влажности соответствует обобщенному показателю влажности каждого из компонентов хлопка-сырца, тогда как только один из них, например волокно получит воздействие в любой из очистительных машин, то изменение показателя происходит только на волокно, семена является защищенными.

При переработке пересушенного или недосушенного волокна эффективность очистки падает [1-2], причем пересушка приводит к отламливанию, повреждению, а недосушка – к зажгучиванию волокна, снижение выделяемости сорных примесей, т.е. в основном мелких. Поэтому для достижения наибольшей значений и повышения эффективности процесса очистки следует обратить внимание на влажность хлопкового волокна, а не на влажность хлопковой массу. Переработка хлопка-сырца на предприятиях подвергается при широком диапазоне влажности. Именно этим и объясняется ухудшение первоначальных качественных показателей и природных свойств хлопковой продукции, особенно волокна, поэтому требуемый очистительный эффект не достигается, а в некоторых случаях процессы очистки и волоконно-отделения происходят с ухудшением природных свойств и качественных показателей волокна и семян. Поэтому целью проведенных исследований являлся установление зависимости степени очищаемости хлопка-сырца от влажности хлопкового волокна.

Исследования проведены согласно описанной методике на лабораторной установке, представленное в [3]. Анализ результатов исследований показало что с увеличением влажности волокна с 6,0 до 8,5% очистительный эффект снижается на 12-16%, в том числе по крупному сору на 26-28%, а по мелкому сору на 7-9%.

Необходимо отметить, что характер снижения очистительного эффекта по крупному и мелкому сору не одинако. Например, с увеличением влажности волокна с 4,2 до 5,5% очистительный эффект по мелкому сору увеличивается на 4-8%, а дальнейшее увеличение влажности до 8,0% приводит к снижению очистительного эффекта до 8-10%, тогда как очистительный эффект по мелкому сору постоянно уменьшается [4].

Значение влажность волокна W_e (%), очистительный эффект по мелкому, крупному сору и общий очистительный эффект K (%) приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Значение влажность волокна W_e (%), очистительный эффект по мелкому, крупному сору и общий очистительный эффект K (%)

№ п/п	Влажность волокна, W (%)	Очистительный эффект по мелкому сору, K (%)	Очистительный эффект по крупному сору, K (%)	Общий очистительный эффект (%)
1.	3,71	47,0	77,06	60,1
2.	4,13	45,8	75,19	60,54
3.	5,42	43,5	69,46	56,4
4.	6,00	43,2	64,23	53,73
5.	7,17	39,36	58,84	49,09
6.	8,41	35,94	49,252	43,9

Анализ полученных результатов, как видно по графику (рис. 1) показывают, что при интервале влажности волокна после термообработки хлопка-сырца от 3,8 до 8,5% очистительный эффект по мелкому сору получается в пределах от 39,4 до 47,0%, а по крупному сору от 49,3 до 77,1%, общий очистительный эффект от 43,9 до 60,5%. Полиномиальная зависимость для всех видов сорных примесей и очистительного эффекта имеет хорошую сходимость с коэффициентом корреляции $R = 0,83$ до $0,98$.

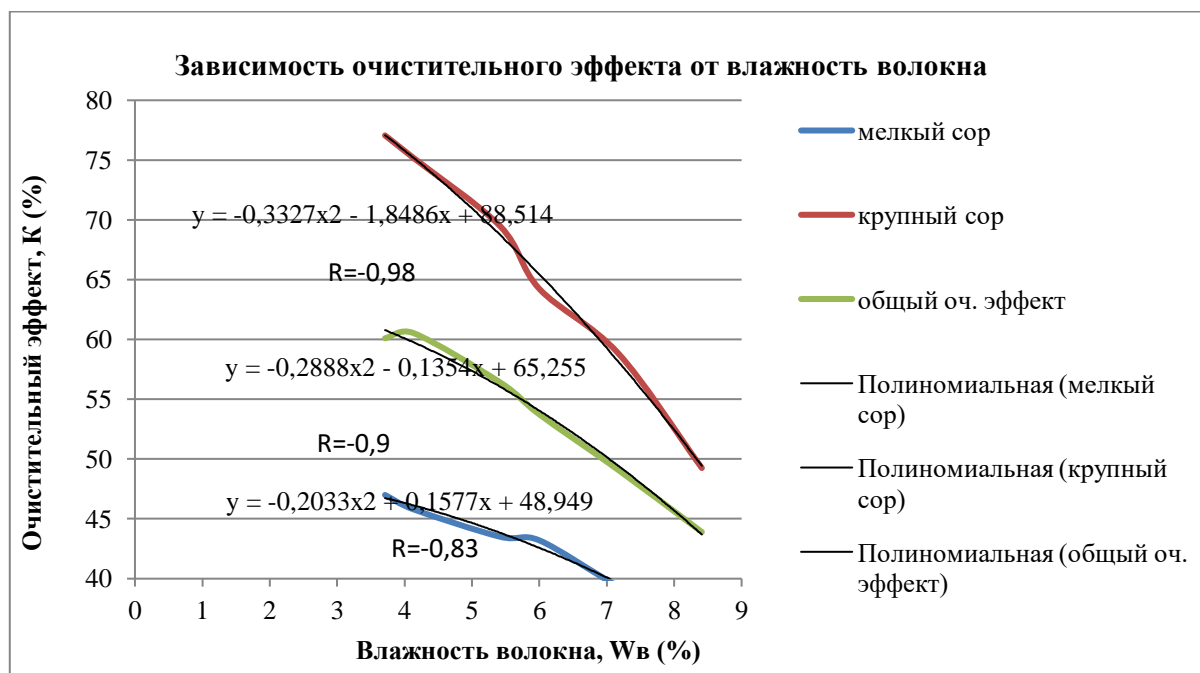


Рисунок 1. Зависимость очистительного эффекта машин от влажности волокна.

Состояние хлопка-сырца при очистке характеризуется в основном двумя показателями – влажностью и засоренностью. Однако согласно результатам наших исследований, к этим показателям следует добавить ещё один показатель, т.е. температуру нагрева волокна. В наших исследованиях процесс очистки направлен на минимизацию засоренности хлопка-сырца, которая достигается при оптимальных значениях остальных двух – влажности и температуры нагрева волокна, т.е. управлять процесс очистки, путем применение рациональной температуры волокна. Результаты исследований по влиянию каждого из этих показателей приведены в других работах. При этом определено задача – найти оптимальное значение влажности и температуры, при которых получается наибольший степень очищаемости хлопка-сырца. Это возможно лишь при исследовании совместного влияния этих показателей на степень очищаемости хлопка-сырца, т.е. его влажность на практике изменяется в широком диапазоне и поэтому при одном его значении невозможно оптимизировать температуру. Целью настоящих исследований является установление зависимости очистительного эффекта от температурно-влажностного состояния волокна и определение оптимальных значений температуры и влажности. Исследование проведены на стендовой установке согласно разработанной методике приведенной в работе [1] с хлопком – сырцом различной разновидности, сорта и влажности. Результаты эксперимента были обработаны методом математической статистики с использованием компьютерных программ, которая позволила получить аппроксимирующим эмпирическим зависимостям вида:

$$Y_1 = A_1X^2 + B_1X + C_1,$$

$$Y_2 = A_2X^2 + B_2X + C_2,$$

$$Y_3 = A_3X^2 + B_3X + C_3,$$

где Y_1, Y_2, Y_3 – очистительный эффект, соответственно по мелкому, крупному и общему сору;
 X – температура и влажность волокна;

A, B и C – коэффициенты, зависящие от температуры и влажности волокна.

Полученные значения коэффициентов представлены в табл. 2.

На основании использования математических программ имеющийся на базе компьютера, обработки экспериментальных данных получены значение коэффициентов A, B, C, A_1, B_1, C_1 и

A_2 , B_2 , C_2 соответственно для градации температур и влажность для мелкого, крупного и общего сора.

В табл. 2 приведены значение коэффициентов в зависимости от температуры при влажности волокна средневолокнистого сорта разновидности Хатлон-2014, 2-го сорта, 1-го класса.

Таблица 2

Значение коэффициентов в зависимости от температуры при влажности волокна

Коэффициенты	Влажность волокна, %				
	5,6	6,3	6,8	7,7	8,5
<i>По крупному сору</i>					
A	0,002853	0,0016146	-0,003814	-0,009232	-0,004452
B	-0,169356	-0,064565	1,129865	1,268792	1,368648
C	82,555216	74,23646	52,86434	33,10834	30,0654
<i>По мелкому сору</i>					
A_1	-0,0016216	-0,0014864	0,000626	0,0012146	-0,00146
B_1	0,2445064	0,28428	-0,043064	-0,06104	0,30654
C_1	52,136	50,89642	62,36628	60,23264	50,4642
<i>Общий сор</i>					
A_2	0,0017896	-0,000678	-0,003064	-0,006438	0,005438
B_2	-0,12033064	0,1349476	0,24756005	0,6454382	0,426764
C_2	66,80394	62,04506	58,8942	46,78526	42,48682

Анализ приведенных данных в табл. 2 показывает, что увеличение влажность волокна отрицательно влияет на выделение мелкого и крупного сора, особенно критические значение влажности приведет к снижению очистительного эффекта по мелкому сору, а повышение температуры волокна приведет к повышению очистительного эффекта. Следует отметить, что в процессе сушки влажного хлопка-сырца повышение температуры волокна положительно сказывается на выделение сорных примесей, т.е. по существу можно не ограничить значению температуры. Однако, как уже вытекает из ранее проведенным исследованиям, оптимальное значение температуры волокна, которые при этом не изменяется цвет хлопкового волокна, является 75°C. Очистительный эффект по мелкому сору при соответствующих температурах составляет: 60,6%, 64,2%, 66,4%, 67,6% и 70,2%. Общий очистительный эффект повышается с увеличением температуры нагрева волокна, причем при влажности волокна в пределах от 5,62 до 7,74% наблюдается интенсивный рост очистительного эффекта. При меньшей температуре нагрева и с увеличением влажности волокна очистительный эффект снижается по прямолинейной зависимости, а при повышенных температурах зависимость приобретает криволинейный характер, причем между значениями влажности от 4,9 до 6,2% зависимость имеет экстремальное значение.

Таким образом, результаты проведенных исследований показывает, что самый большой показатель общего очистительного эффекта получен 74,2 и 75,8% и это достигается при влажности 5,6 – 6,0%, которые соответствует температуре волокна 60 – 70°C.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Иброгимов Х.И. Повышение качества хлопкового волокна на основе использования инновационной технологии на хлопкоперерабатывающем предприятии / Материалы республиканской научно-практической конференции «Вопросы эффективного обеспечения взаимосвязи науки и производства» (20-21 ноября 2020 г.). Часть 1. ТУТ. – Душанбе, 2020. – С. 73-81.
2. Иброгимов Х.И., Тохтаров С.Т., Гафаров А.А., Миракилов В.М. Исследование изменения влажности хлопка-сырца и его компонентов при обработке по различным технологическим процессом // Известия Международной академии аграрного образования (МАО). ВАК МО и НРФ. Научный журнал. – СПб., 2020. – №48. – С. 5-9.
3. Иброгимов Х.И., Тохтаров С.Т., Исмаилов И.А., Иброхимзода Р.Х., Плеханов А.Ф. Исследование технологического режима сушки хлопка-сырца средневолокнистых сортов хлопчатника / Материалы международной научной конференции, посвященной 110-летию со дня рождения профессора А.Г. Севостьянова. Сборник научных трудов Часть 1. РГУ им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). – М., 2020. – С. 41-45.
4. Иброгимов Х.И., Мирзоализода К., Сафарзода М.Х., Сафаров Ф.М., Плеханов А.Ф. Повышение эффективности первичной обработки хлопка-сырца средневолокнистых сортов хлопчатника для

сохранения природных качеств и стоимости волокна / Материалы международной научно-технической симпозиум «Современные инженерные проблемы ключевых отраслей промышленности» Международного Косыгинского Форума «Современные задачи инженерных наук» (16-18 октября 2019 г., Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). Сборник научных трудов. – Москва, Российская Федерация. – С. 168-172.

ТАҲҚИҚОТИ ТАЪСИРИ НАМИИ НАХ БА ДАРАЧАИ ТОЗАКУНИИ АШЌИ ПАХТА

Дар мақола таъсири намии нах ба дараҷаи тозакунии пахтаи хом таҳқиқ карда шудааст. Муаллиф таъкид мекунад, ки ҷи гуна тағйирёбии намии нах ба самаранокии тоза кардани ифлосиҳои гуногун таъсир мерасонад ва инчунин таъсири ҳарорати нах ба раванди тозакуниро баррасӣ мекунад. Маълумоти таҷрибавӣ, ки дар шароити гуногуни намӣ ва ҳарорат гирифта шудааст, бо усулҳои омори математикӣ таҳлил карда шуда, имкон дод, ки параметрҳои оптималӣ барои ба даст овардани самаранокии максималии тозакунии муайян карда шаванд. Дар натиҷаи таҳқиқот муайян карда шуд, ки самаранокии баландтарини тозакунии ҳангоми намии нах 5,6-6,0% ва ҳарорати 60-70°C ба даст оварда мешавад. Натиҷаҳои бадастомада метавонанд барои оптимизатсияи равандҳои технологияи саноати коркарди пахта муфид бошанд.

КАЛИДВОЖАҲО: пахтаи хом, намии нах, тозашавӣ, коркарди гармӣ, ҳарорат, раванди технологӣ.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ: Тохтаров Саидкул Туракулович, номзади илмҳои техникӣ, саромӯзгори кафедраи методикаи таълими технологияи Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав. Тел.: (+992) 93-197-18-00; e-mail: saidqul66@mail.ru.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТЬ ВОЛОКНА НА СТЕПЕНЬ ОЧИЩАЕМОСТИ ХЛОПКА-СЫРЦА

В статье исследуется влияние влажности волокна на степень очищаемости хлопка-сырца. Автор анализирует, как изменение влажности волокна влияет на эффективность удаления примесей разного размера, а также рассматривает влияние температуры волокна на очистительный процесс. Экспериментальные данные, полученные при различных значениях влажности и температуры, обработаны методами математической статистики, что позволило установить оптимальные параметры для достижения максимального очистительного эффекта. В результате исследования определено, что наиболее высокая эффективность очистки достигается при влажности волокна 5,6–6,0% и температуре 60–70°C. Полученные результаты могут быть полезны для оптимизации технологических процессов в хлопкоперерабатывающей промышленности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: хлопок-сырец, влажность волокна, очищаемость, термообработка, температура, технологический процесс.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Тохтаров Саидкул Туракулович, кандидат технических наук, ст. преподаватель кафедры методики преподавания технологии Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. Тел.: (+992) 93-197-18-00; e-mail: saidqul66@mail.ru.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF FIBER MOISTURE ON THE DEGREE OF PURITY OF RAW COTTON

The article examines the effect of fiber moisture on the degree of raw cotton purification. The author analyzes how changes in fiber moisture affect the efficiency of removing impurities of different sizes and also considers the impact of fiber temperature on the cleaning process. Experimental data obtained under various moisture and temperature conditions were processed using mathematical statistical methods, allowing the identification of optimal parameters for achieving maximum cleaning efficiency. As a result of the study, it was determined that the highest cleaning efficiency is achieved at a fiber moisture content of 5.6–6.0% and a temperature of 60–70°C. The findings can be useful for optimizing technological processes in the cotton processing industry.

KEY WORDS: raw cotton, fiber moisture, purification, heat treatment, temperature, technological process.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR: Tokhtarov Saidkul Turakulovich, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department Methods of Teaching Technology at Bokhtar State University named after Nosiri Khusrav. Phone: (+992) 93-197-18-00; e-mail: saidqul66@mail.ru.

ДИНАМИКАИ МЕХАНИЗМИ САЙЁРАВӢ БО ҲАРАКАТОВАРИИ ТАРКИБӢ БАРОИ БА ҲАРАКАТ ОВАРДАНИ ДАСТГОҲҲОИ БУРРАНДА

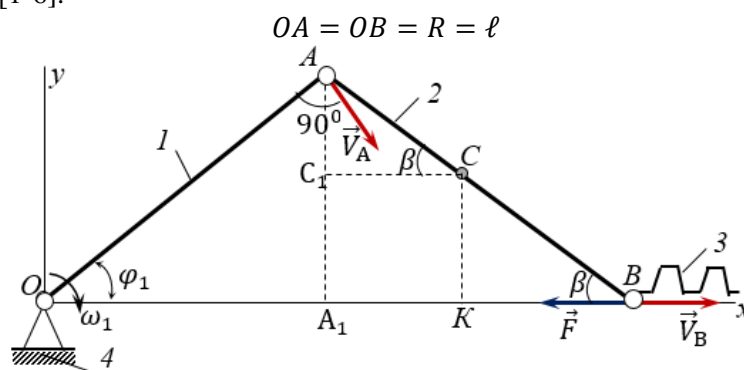
Шарипов Ф.Б.

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осимӣ

Коркарда баромадан ва таҳқиқ намудани механизмҳои ба ҳаракатовари дастгоҳи бурандаи комбайнҳои ғаллағундор ва мошинаҳои алафдарав ин вазифаи муҳим дар соҳаи кишоварзӣ ва машинсозӣ мебошад.

Маълум аст, ки ҳангоми чамбоварии ғалла талафоти комбайнҳо хеле зиёд аст. Талафи алафдаравӣ, майда ва тоза кардани ғалладонагӣ бо механизмҳои ҳаракатовар мукамалгардонию баланд бардоштани маҳсулнокии онҳоро талаб мекунад.

Дар расми 1 нақшаи динамикии механизми дастгоҳи ба ҳаракатовари бурандаи мавҷуда нишон дода шудааст. Фарз мекунем, ки радиуси қачмила R ва дарозии шатун ℓ барои комбайнҳои хурд баробаранд [1-6].



Расми 1. Нақшаи динамикии механизм.

Механизми дар расм нишон додашуда аз қисмҳои зерин иборат аст:

1 – қачмила, 2 – шатун, 3 – қорд, 4 – поя.

Энергияи кинетикии механизм бо муодилаи зерин муайян карда мешавад.

$$T = J_1 \frac{\omega_1^2}{2} + \frac{m_2(\dot{X}_C^2 + \dot{Y}_C^2)}{2} + J_2 \frac{\omega_2^2}{2} + \frac{m_3 \dot{X}_B^2}{2}, \quad (1)$$

ки дар ин ҷо

J_1 – моменти инерсияи қачмила (кгм^2);

ω_1 – сурати кунҷии қачмила (рад/сон);

m_2 – массаи шатун (кг);

\dot{X}_C, \dot{Y}_C – проексияи суръати маркази вазнинии шатун нисбат ба тирҳои X ва Y (м/с);

J_2 – моменти инерсияи шатун;

\dot{X}_B – проексияи суръати нуқтаи B нисбат ба тир X (м/с).

Моменти инерсияи шатун ба ифодаи зерин муайян карда мешавад.

$$J_2 = \frac{m_2 \ell^2}{12} (\text{кгм}^2);$$

m_3 – массаи теғ (кг);

Ҳангоми $\varphi = \beta$ будан бузургҳои номаълумро муайян мекунем

$$\begin{aligned} X_C &= R \cos \varphi_1 + \frac{\ell}{2} \cos \beta = 1,5 \cos \varphi_1 \\ Y_C &= 0,5R \sin \beta = 0,5R \sin \varphi_1 \\ X_B &= R \cos \varphi_1 + \ell \cos \beta = 2R \cos \varphi_1 \end{aligned} \quad (2)$$

Аз баробарии (2) вобаста ба вақт дифференциал гирифта ҳосил мекунем

$$\begin{aligned} \dot{X}_C &= -1,5R\omega_1 \sin \varphi_1 \\ \dot{Y}_C &= -0,5R\omega_1 \cos \varphi_1 \\ \dot{X}_B &= -2R\omega_1 \sin \varphi_1 \end{aligned} \quad (3)$$

Бузургии суръати кунҷии ω_2 бо ифодаи зерин ҳисоб карда мешавад

$$\begin{aligned} R \sin \varphi_1 &= \ell \sin \beta \\ R\omega_1 \cos \varphi_1 &= \ell\omega_2 \cos \beta; \\ \omega_2 &= R \frac{\omega_1}{\ell} = \omega_1 \end{aligned} \quad (4)$$

Баробарии (1) бо дарназардошти (3) ва (4) намуди зерин мегирад

$$T = 0,5(J_1\omega_1^2 + \frac{m_2R^2}{12} \cdot \omega_1^2 + m_2(2R^2\omega_1^2 \sin^2 \varphi + 0,25R^2\omega_1^2) + 4m_3\omega_1^2R^2 \sin^2 \varphi_1) \quad (5)$$

ё ки

$$T = 0,5(J_1 + 0,0833m_2R^2 + \sin^2 \varphi (2m_2R^2 + 4m_3R^2) + 0,25m_2R^2)\omega \quad (6)$$

Моменти инерсияи овардашуда чунин муайян карда мешавад

$$J_{\text{ПР}} = J_1 + 0,3333m_2R^2 + (2m_2 + 4m_3)R^2 \sin^2 \varphi \quad (7)$$

Муодилаи ҳаракат дар шакли Лагранж тартиби II барои координатаҳои умумишудаи φ_1 ва $\dot{\varphi}_1$ дар вақти $\omega_1 = \dot{\varphi}_1$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \right) = a\ddot{\varphi}_1 + b \sin^2 \varphi \cdot \ddot{\varphi}_1 + b \cdot \sin 2\varphi \cdot \dot{\varphi}_1^2$$

$$\frac{\partial T}{\partial \varphi} = b\dot{\varphi}_1^2 \sin 2\varphi_1$$

дар ин ҷо зарибҳои

$$d = J_1 + 0,3333m_2R^2, \\ b = (2m_2 + 4m_3)R^2.$$

Қувваи умумишуда баробар аст

$$Q_\varphi = F \cdot 2R \sin \varphi_1$$

Он гоҳ ҳосил мекунем

$$(a + b \sin^2 \varphi_1)\ddot{\varphi}_1 + b \sin 2\varphi_1 \cdot \dot{\varphi}_1^2 - b\dot{\varphi}_1^2 \sin 2\varphi_1 = 2FR \sin \varphi_1.$$

Ҳамаи аъзоҳоро ба $(a + b \sin^2 \varphi_1)$ тақсим карда, муодилаи ҳаракати ғайрихатиро ба намуди зерин ҳосил мекунем

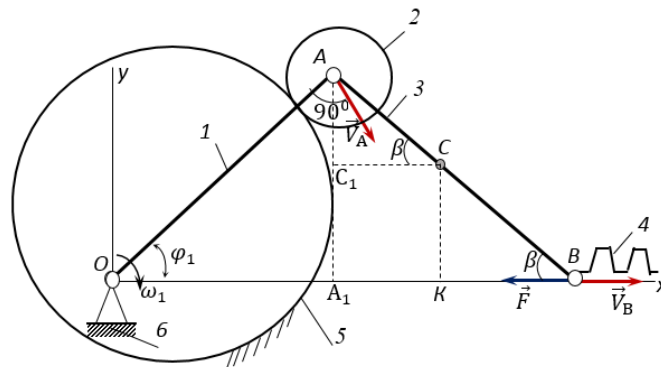
$$\ddot{\varphi}_1 + C\dot{\varphi}_1^2 - d\dot{\varphi}_1^2 = KFR, \quad (8)$$

ки дар ин ҷо

$$C = \frac{b \sin 2\varphi_1}{a + b \sin^2 \varphi_1}; \quad d = \frac{b \sin 2\varphi_1}{a + b \sin^2 \varphi_1}; \quad K = \frac{2 \sin \varphi_1}{a + b \sin^2 \varphi_1}.$$

Пешниҳоди механизми сайёравии шатунӣ ба ҳаракатовари дастгоҳи буранда аз 1 – водила, 2 – сателлит, 3 – шатун, 4 – дастгоҳи бурандаи теғ, 5 – чархи сайёравӣ ва 6 – поя иборат аст (расми 2).

Нақшаи динамикӣ дар расми 3 нишон дода шудааст. Андозаи $OA = R$ – радиуси қачмила, $BP = r$ – радиуси сателлит, $AB = \ell = R$ – дарозии шатун, $AC = \frac{1}{2}\ell$, $\varphi_1 = \omega_1 t$ – кунҷи гардиши водила ва $\beta = \omega_3 t$ – кунҷи лапиш кардани шатун.



Расми 2. Нақшаи динамикӣ ҳаракатовари сайёравии дастгоҳи буранда.

Энергияи кинетикӣ механизми ба муодилаи зерин ёфта мешавад.

$$T = J_1 \frac{\dot{\varphi}_1^2}{2} + J_2 \frac{\dot{\varphi}_2^2}{2} + m_2 \frac{\dot{x}_A^2 + \dot{y}_A^2}{2} J_3 \frac{\dot{\varphi}_3^2}{2} + m_3 \frac{(\dot{x}_C^2 + \dot{y}_C^2)}{2} + \frac{m_4}{2} \cdot \dot{X}_B^2. \quad (9)$$

Баъди якҷанд дигаргуниҳо барои $\varphi_1 = \beta = \omega_1 t$, $\dot{\varphi}_2 = \dot{\varphi}_1 \frac{R}{r}$ формула барои муайян намудани энергияи кинетикӣ шакли зеринро мегирад.

$$T = 0,5[(J_1 + 0,5m_2R^2 + 0,3333m_3R^2)\dot{\varphi}_1^2 + (2m_3 + 4m_4)R^2 \sin^2 \varphi] \dot{\varphi}_1^2 \quad (10)$$

Моменти инерсияи овардашуда намуди зеринро доро мешавад.

$$J_{\text{ПР}} = J_1 + (1,5m_2 + 0,3333m_3)R^2 + (2m_3 + 4m_4) \cdot R^2 \sin^2 \varphi_1$$

Муодилаи ҳаракат дар шакли Лагранж навъи II дар ниҳоят намуди зеринро мегирад.

$$\ddot{\varphi}_1 + \frac{c_1+d_1}{a_1+b_1} \dot{\varphi}_1^2 = K_1 FR, \quad (11)$$

дар ин чо

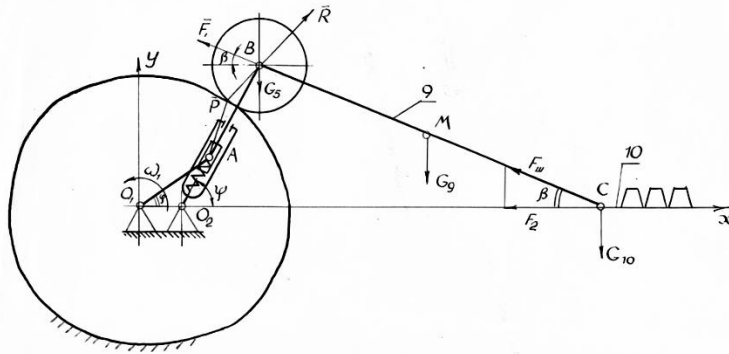
$$\begin{aligned} a_1 &= J_1 + (1,5m_2 + 0,3333m_3)R^2; & b_1 &= (2m_3 + 4m_4)R^2 \sin^2 \varphi_1, \\ c_1 &= (2m_3 + 4m_4)R^2 \sin 2\varphi_1; & d_1 &= (2m_3 + 4m_4)R^2 \sin 2\varphi_1, \\ K_1 &= \frac{2 \sin_1(a_1+b_1)}{c_1-d_1}; & K &= \frac{c_1-d_1}{a_1+b_1}. \end{aligned}$$

Дар интиҳо муодилаи ҳаракат (11) намуди зеринро мегирад

$$\ddot{\varphi} + K^2 \dot{\varphi}_1^2 = K_1 FR, \quad (12)$$

дар ин чо

- m_2 – массаи сателлит ($кг$);
- m_3 – массаи шатун ($кг$);
- m_4 – массаи теги дастгоҳи буранда ($кг$);
- J_2 – моменти инерсияи сателлит ($кгм^2$);
- J_3 – моменти инерсияи шатун ($кгм^2$);
- F – қувваи буриши теги дастгоҳи буранда (H).



Расми 3. Нақшаи динамикии сайёравӣ ба ҳаракатовари дастгоҳи буранда.

Мувофиқи А.С.СССР 1033797, аз 8.08.1983 Бюл. № 29 дастгоҳи буранда ба ҳаракатовари сайёравӣ бо водилаи таркибӣ пешниҳод шудааст [7]. Дар расми 3 нақшаи динамикии ҳаракатовари таҳқиқшаванда нишон шудааст, ки он имкон медиҳад дорои суръати тағйирёбанда, шитоб ва таносуби интиқоли байни ҷузъҳои ҳаракаткунанда ба даст оварда шавад, ки маҳсулнокии дастгоҳҳои бурандаи комбайнҳои ғалладарав, алафдарав, мошинаҳои хурди алафдарав баланд гардад ва ҳамчун ба ҳаракатовари мошинҳои ҳосилгундор бо қисмҳои кории даврзананда истифода шавад [3]. Механизм аз қачмила, кулис, лағжонак, сателлити равонакунанда, чархи сайёравӣ, шатун, дастгоҳи буранда ва поя иборат мебошад [3].

Энергияи кинетикии механизми таҳқиқшаванда аз ифодаи зерин муайян карда мешавад [1-5]

$$\begin{aligned} T &= 0,5 \left[J_1 R^{-2} (\rho - \ell)^2 + \frac{m_2 (\rho - \ell)^2}{3} + m_2 (\rho - \ell)^2 + J_3 + m_3 \ell_2^2 + m_4 \left(\rho - \frac{\ell}{2} \right)^2 + m_5 \rho^2 \dot{\psi}_H^2 + \right. \\ & \left. (J_1 R^{-1} + m_2 + m_4 + m_5) \dot{S}^2 + J_7 \left(\frac{\dot{\rho} \sin \psi + \dot{\psi} \rho \cos \psi}{\sqrt{\ell_1^2 \rho^2 \sin^2 \psi}} \right)^2 + m_7 \left(\left(\dot{\rho} \cos \psi - \rho \dot{\psi} \sin \psi - \right. \right. \right. \\ & \left. \left. \frac{\rho \dot{\rho} \sin^2 \psi + \rho^2 \dot{\psi} \sin 2\psi}{2 \sqrt{\ell_1^2 - \rho^2 \sin^2 \psi}} \right)^2 + \left. \left. \left(\frac{\dot{\rho} \sin \psi + \rho \dot{\psi} \cos \psi}{2} \right)^2 \right) + m_8 \left(\dot{\rho} \cos \psi - \rho \dot{\psi} \sin \psi - \frac{\rho \dot{\rho} \sin^2 \psi + \rho^2 \dot{\psi} \sin 2\psi}{\sqrt{\ell_1^2 - \rho^2 \sin^2 \psi}} \right)^2 \right] \end{aligned}$$

Моменти инерсияи камшуда мувофиқи [1-5] баробар аст:

$$J_{пр} = a \left(\frac{d\psi_H}{d\varphi_1} \right)^2 + b \left(\frac{d\rho}{d\varphi_1} \right)^2 + J_7 C^2 \dot{\varphi}_1^{-2} + m_7 d^2 \dot{\varphi}_1^{-2} + m_8 K^2 \dot{\varphi}_1^{-2},$$

дар ин чо зарифҳои тағйирёбанда баробаранд:

$$a = [J_1 R^{-2} (\rho - \ell)^2 + \frac{m_2 (\rho - \ell)^2}{3} + m_2 (\rho - \ell)^2 + J_3 + m_3 \ell_2^2 + m_4 \left(\rho - \frac{\ell}{2} \right)^2 + m_5 \rho^2];$$

$$B = (J_1 R^{-1} + m_2 + m_4 + m_5); \quad C = \left(\frac{\dot{\rho} \sin \psi + \dot{\psi} \rho \cos \psi}{\sqrt{\ell_1^2 \rho^2 \sin^2 \psi}} \right)^2$$

$$d = \left(\left(\dot{\rho} \cos \psi - \rho \dot{\psi} \sin \psi - \frac{\rho \dot{\rho} \sin^2 \psi + \rho^2 \dot{\psi} \sin 2\psi}{2\sqrt{\ell_1^2 - \rho^2 \sin^2 \psi}} \right)^2 + \left(\frac{\dot{\rho} \sin \psi + \rho \dot{\psi} \cos \psi}{2} \right)^2 \right)^2$$

$$K = \left[\left(\dot{\rho} \cos \psi - \rho \dot{\psi} \sin \psi - \frac{\rho \dot{\rho} \sin^2 \psi + \rho^2 \dot{\psi} \sin 2\psi}{\sqrt{\ell_1^2 - \rho^2 \sin^2 \psi}} \right)^2 \right]$$

Муодилаи ҳаракати ҳаракатовари сайёравии дастгоҳи буранда бо дигар шакли Лагранж намуди зеринро дорад:

$$J_{\text{ПР}} \ddot{\varphi}_1 + 0,5 \dot{\varphi}_1^2 \cdot \frac{dJ_{\text{ПР}}}{d\varphi_1} = M_g - M_c. \quad (13)$$

Моменти овардашудаи M_g қувваҳои таъсиркунанда ва қувваи муқовимат мувофиқи [3] баробар аст:

$$M_{\text{П}} = M_g - M_c = \frac{FR(P \sin \psi \cdot U_H + \ell_1 \sin \beta \cdot U_H) \varphi_1 - FR \dot{\rho} \cos \psi}{\sqrt{\psi_1^2 U_{H1}^2 (\rho - \ell)^2 + \dot{\rho}}}$$

Акнун муодилаи ҳаракати ғайрихатӣ дар шакли Лагранж баробар аст:

$$\ddot{\varphi}_1 + a \dot{\varphi}_1^2 = B \frac{(\rho \sin \psi \cdot U_{H1} \cdot U_{H1} + \ell_1 \sin \beta \cdot U_{H1}) \dot{\varphi}_1 - \dot{\rho} \sin \psi}{\sqrt{\psi_1^2 \cdot U_{H1}^2 (\rho - \ell)^2 + \dot{\rho}}}. \quad (14)$$

Зарифҳои тағйирёбанда баробаранд:

$$a = \frac{0,5 \frac{dJ_{\text{ПР}}}{d\varphi_1}}{J_{\text{ПР}}}; \quad B = \frac{FR}{J_{\text{ПР}}}$$

дар ин ҷо

$J_{\text{ПР}}$ – моменти инерсияи камшуда (кгм²);

U_{H1}, U_{C1} – таносуби интиқоли фишанг – қачмила, шатун – қачмила;

ρ – дарозии тағйирёбандаи таркиби воҳиди;

ℓ_1 – дарозии шатун (м);

$\dot{\varphi}_1$ – суръати кунҷии қачмила (р/с);

F – қувваи буриш;

R – радиуси қачмила.

Муодилаҳои ҳаракати механизми мавҷудбудай ба ҳаракатоварандаи (8) ва ҳаракатоварандаҳои пешниҳодшуда (11) ва (14) муодилаҳои дифференсиалии ғайрихаттии ҳаракат дар шакли Лагранж навъи дуум мебошанд. Аз формула маълум мешавад, ки муодилаи якум нисбат ба дуум ва дуум нисбат ба сеюм, бо зарифҳои калонтарини тағйирёбанда мураккабанд. Ҳалли ин муодилаҳо бо истифода аз технологияи муосири ҳисоббарор имкон медиҳад, ки лоиҳаҳои якҷанд мошинаҳои кишоварзӣ, ки дорои параметрҳои тағйирёбанда мебошад тарҳрезӣ карда шавад, ки бо параметрҳои тағйирёбандаи худ, маҳсулнокии баланд, талафот ва тавоноӣ кам карда шавад.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Артоболовский И.И. Теория механизмов и машин. – М., 1975. – 666 с.
2. Тилоев С. Разработка и исследование планетарных фрикционных механизмов с переменными передаточными отношениями: авт. канд. дисс., – Каунас.
3. Тилоев С. и др. Материалы I, II, III международной конференции стран СНГ и Балтии. «Механика – 94», «Механика – 97» и «Вибротехника – 98», Вильнюс – Каунас 1994, 1997 и 1988 гг.
4. Тилоев С. и др. Планетарный механизм привода режущего аппарата мини - косилки. Малый патент РТ Тj – 226 Бюл. 54. – Душанбе, 2009 г.
5. Тилоев С. и др. Малые патенты РТ Тj – 157, Тj – 200, Тj – 201, Тj – 202, Тj – 225 и Тj – 227 Бюл. 53 и 54. – Душанбе, 2009 г.
6. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике (под ред. проф. Яблонского С.А.). – М., 1985.
7. Усмонходжаев Х.Х., Тилоев С. Эпициклический механизм А.С.СССР. – №1033797 Бюл. 29. 07.08.1983. – Москва, 1983.

ДИНАМИКА И МЕХАНИЗМЫ САЙЁРАВИ БО ВОДИЛАИ ТАРКИБИ БАРОИ БА ҲАРАКАТ ОВАРДАНИ ДАСТГОҶҶОИ БУРРАНДА

Дар мақола вариантҳои мавҷуда ва пешниҳодии ҳаракатоварони механизмҳои бурранда оварда шудааст. Муодилаи ҳаракати механизмҳои амалкунанда ва пешниҳодии ҳаракатоварони лавозимоти бурранда дорои намуди муодилаҳои дифференсиалии ғайрихаттии ҳаракат дар шакли Лагранж навъи дуюм мебошад. Ҳалли ин муодилаҳо бо истифода аз технологияҳои ҳисоббарори муосир ба роҳ монда мешавад.

КАЛИДВОЖАҶО: механизм, ҳаракатовар, динамика, энергияи кинетикӣ, моменти инерсия, шатун, корд.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ: Шарипов Фарҳод Баротович, номзади илмҳои техникӣ, дотсенти кафедраи механикаи назариявӣ ва муқовимати маводи Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М. С. Осимӣ. Тел.: (+992)918-49-02-08; e-mail: abdullo.1982@mail.ru

ДИНАМИКА ПЛАНЕТАРНОГО МЕХАНИЗМА С СОСТАВНЫМ ВОДИЛОМ ДЛЯ ПРИВОДА РЕЖУЩИХ АППАРАТОВ

В статье представлены существующие и предлагаемые варианты приводов режущих устройств. Уравнения движения существующего и предлагаемого механизма привода режущих инструментов имеют вид нелинейных дифференциальных уравнений движения в форме Лагранжа второго рода. Решения этих уравнений выполняются с использованием современных вычислительных технологий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: механизм, привод, динамика, кинетическая энергия, момент инерции, шатун, нож.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Шарипов Фарҳод Баротович, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической механики и сопротивление материалов Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими. Тел.: (+992)918-49-02-08; e-mail: abdullo.1982@mail.ru

DYNAMICS OF A PLANETARY MECHANISM WITH A COMPOSITE CARRIER FOR DRIVING CUTTING DEVICES

The article presents existing and proposed options for cutting device drives. The equations of motion of the existing and proposed cutting tool drive mechanism have the form of nonlinear differential equations of motion in the Lagrange form of the second kind. The solutions of these equations are performed using modern computing technologies.

KEY WORDS: mechanism, drive, dynamics, kinetic energy, moment of inertia, connecting rod, knife.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR: Sharipov Farhod Barotovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Theoretical Mechanics and Strength of Materials at Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi. Phone: (+992) 918-49-02-08; e-mail: abdullo.1982@mail.ru

УДК 54.723.2

АДСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА НАНОЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ

Файзова М.А.

Бохтарский государственный университет имени Носира Хусрава

Наноцеллюлоза представляет собой форму целлюлозы с размерами частиц в пределах от 1 до 100 нанометров. Она является многообещающим материалом, обладающим рядом уникальных физических и химических свойств таких, как высокая удельная поверхность, биосовместимость, низкая плотность и отличные механические характеристики. В последние годы исследуются адсорбционные свойства наноцеллюлозы, поскольку этот параметр значительно влияет на её возможное использование в различных отраслях таких, как производство материалов, экология и биотехнология [1-2].

Особое внимание в научных исследованиях уделяется зависимости адсорбционных свойств наноцеллюлозы от температуры, поскольку при изменении температуры могут происходить существенные изменения в её структуре и взаимодействиях с окружающей средой. В этом контексте важно изучить, как температура влияет на теплоемкость, теплопроводность и способность адсорбировать различные вещества при атмосферном давлении.

Наноцеллюлоза бывает двух типов:

1. Нанофибрилярная целлюлоза (НФЦ), состоящая из тонких, длинных волокон, которые могут быть аморфными или полукристаллическими.

2. Нанокристаллическая целлюлоза (НКЦ), которая состоит из жестких кристаллических областей, в основном состоящих из β -D-глюкозных единиц, с относительно низким уровнем аморфности.

Эти различия влияют на адсорбционные свойства материала. Например, НФЦ характеризуется высокой удельной поверхностью, что делает её более активной в плане адсорбции, в то время как НКЦ, с более упорядоченной структурой, может иметь другие характеристики теплофизики и механической прочности.

Наноцеллюлоза проявляет хорошие адсорбционные свойства, что делает её эффективным материалом для очистки воды, почвы и воздуха от различных загрязнителей. Основным механизмом адсорбции наноцеллюлозы – это физико-химическое взаимодействие между поверхностью частиц и молекулами вещества. Важным фактором, влияющим на адсорбционные свойства, является наличие гидроксильных групп на поверхности целлюлозы, которые способны связываться с молекулами воды, органическими веществами и ионами металлов. Наноцеллюлоза обладает способностью удерживать воду на своей поверхности благодаря высокой удельной площади поверхности и наличию гидрофильных групп. Это свойство играет важную роль при её применении в биомедицине, пищевой промышленности и в качестве гидрогелей для различных целей. А так же эффективно адсорбирует органические загрязнители, такие как нефтепродукты и пестициды. В отличие от традиционных материалов, НЦ может быть функционализирована с целью повышения её адсорбционных характеристик для определённых веществ [3-4].

Адсорбционные свойства наноцеллюлозы определяют её использование в различных областях.

Теплоизоляционные материалы: наноцеллюлоза может быть использована в качестве компонента для производства экологически чистых теплоизоляционных материалов благодаря своим низким теплофизическим характеристикам.

Медицинские и биомедицинские применения: благодаря своей высокой адсорбционной способности, НЦ используется для разработки материалов для очистки ран, а также в качестве носителей для доставки лекарств. В биомедицине также используется в качестве биосорбента для удаления токсичных веществ.

Очистка воды: в силу своей способности к адсорбции и высокой удельной площади поверхности, НЦ активно используется для очистки воды от различных органических загрязнителей и тяжёлых металлов.

Электронные устройства и сенсоры: наноцеллюлоза может быть использована в качестве основного компонента для разработки сенсоров и других электронных устройств, где важны её теплофизические свойства и способность к адсорбции внешних загрязнителей.

Несмотря на множество преимуществ, использование наноцеллюлозы в промышленности сталкивается с рядом трудностей. Основными проблемами являются:

- высокая стоимость производства наноцеллюлозы;
- необходимость в дополнительной модификации материала для улучшения его свойств;
- ограниченная информация о долгосрочной стабильности и безопасности при использовании в различных приложениях.

Тем не менее, исследования в этой области продолжаются, и с развитием технологий и методов производства можно ожидать значительное улучшение характеристик наноцеллюлозы и расширение её областей применения.

Исследуемые адсорбционные свойства материалов применяются в строительной, технологической, пищевой, сельскохозяйственной промышленности. Для уточнения надежности и достоверности и результатов объекта необходимо знание 0 адсорбционных свойствах материалов [3; 5].

Для исследования адсорбционных свойств исследуемых наноматериалов использовали установку, разработанную авторами [6-7].

Данная установка предназначена для определения коэффициента адсорбции наноматериалов. Разработанное устройство можно применять студентами, соискателями, магистрами и преподавателями для исследования коэффициента адсорбции наноматериалов и определения коэффициента адсорбции порошкообразных веществ в зависимости от времени при различных температурах.

Результаты исследования адсорбционных свойств и способов определения коэффициента адсорбции исследуемых образцов по установке [6-7] приведем ниже.

Результат эксперимента приведен при температуре воды 18°C, (0,03 г один слой объекта, влага внутри установки 30%, $m_{\text{яч}} = 2,63$ г, $m_{\text{вода}} = 0,06$ г. Получены данные приведены в таблице 1. ($m_{\text{яч}} + m_{\text{вода}} = 2,63$ г + 0,06 г = 2,69 г).

Таблица 1

Экспериментальные значения коэффициента адсорбции наноцеллюлозы в зависимости от времени выдержки во время влаги, температуры при атмосферном давлении

t , время	Температура T, K						
	293	295	297	299	301	303	305
0	2,69	2,703	2,723	2,743	2,765	2,793	2,811
1	2,692	2,705	2,726	2,746	2,767	2,796	2,815
2	2,693	2,709	2,729	2,750	2,771	2,799	2,819
3	2,695	2,712	2,732	2,759	2,777	2,802	2,820
4	2,696	2,715	2,735	2,760	2,781	2,804	2,820
5	2,699	2,719	2,739	2,761	2,785	2,807	2,821
6	2,701	2,721	2,741	2,763	2,788	2,809	2,821
7	2,701	2,721	2,741	2,763	2,789	2,809	2,821

Характер изменения адсорбции исследуемого объекта графически представлен на рисунке 1.

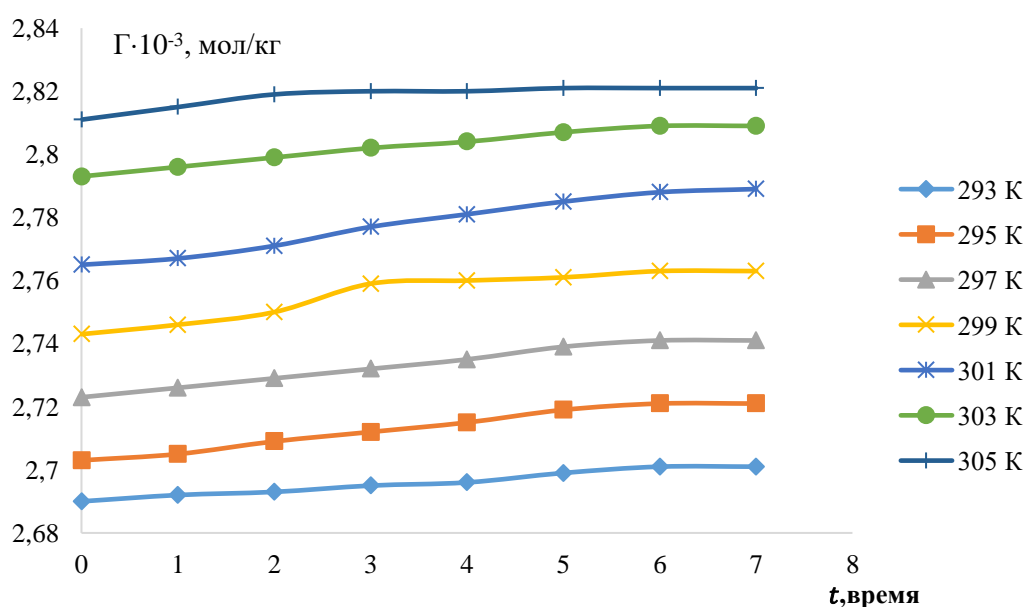


Рисунок 1. Температурная зависимость коэффициента адсорбции наноцеллюлозы в зависимости от времени выдержки во время влаги при атмосферном давлении.

Как видно из рисунка 1 адсорбция в зависимости от выдержки во время влаги и температуры опыта увеличивается.

Температура влияет на кинетическую энергию молекул, что напрямую сказывается на процессе адсорбции.

Коэффициент адсорбции в зависимости от температуры обычно увеличивается, поскольку молекулы имеют меньшую кинетическую энергию, что способствует удержанию молекул на поверхности адсорбента. В некоторых случаях это может привести к образованию химически связанной адсорбции, которая интенсивно увеличивает адсорбцию при низких температурах.

При отсутствии или сниженной влажности поверхность адсорбента может быть более «свободной», что способствует увеличению адсорбции других молекул. Однако если влажность слишком низка, это также может уменьшить способность адсорбента удерживать определённые вещества, особенно если для их адсорбции требуется присутствие влаги (например, в случае с гидрофильными веществами).

С целью получения эмпирического уравнения для теоретического расчета коэффициента адсорбции исследуемых объектов использовали метод наименьших квадратов и функциональной зависимости в следующем виде:

$$\frac{\Gamma}{\Gamma_1} = f\left(\frac{t}{t_1}\right) \quad (1)$$

где здесь Γ – коэффициент адсорбции при времени t , Γ_1 – коэффициент адсорбции при t_1 : $t_1=3$ минуты, результат вычисления приведен в таблице 2.

Таблица 2

Результаты вычисления относительного времени в зависимости от температуры

	293 K	295 K	297 K	299 K	301 K	303 K	305 K
0	0,998	0,997	0,997	0,994	0,996	0,997	0,997
0,33	0,999	0,997	0,998	0,995	0,996	0,998	0,998
0,66	0,999	0,999	0,999	0,997	0,998	0,999	0,999
1	1	1	1	1	1	1	1
1,33	1,0004	1,0011	1,001	1,0003	1,0014	1,0007	1
1,66	1,0014	1,0026	1,0026	1,0007	1,0029	1,0018	1,0003
2	1,0022	1,0033	1,0033	1,0014	1,004	1,0025	1,0003
2,33	1,0022	1,0033	1,0033	1,0014	1,004	1,0025	1,0003

Графически полученная функциональная зависимость представлена на рисунке 2. Кривая приведенная на рисунке 2 описывается следующим уравнением:

$$\frac{\Gamma}{\Gamma_1} = -0,0005\left(\frac{t}{t_1}\right)^2 + 0,0036\left(\frac{t}{t_1}\right) + 0,9969 \quad (2)$$

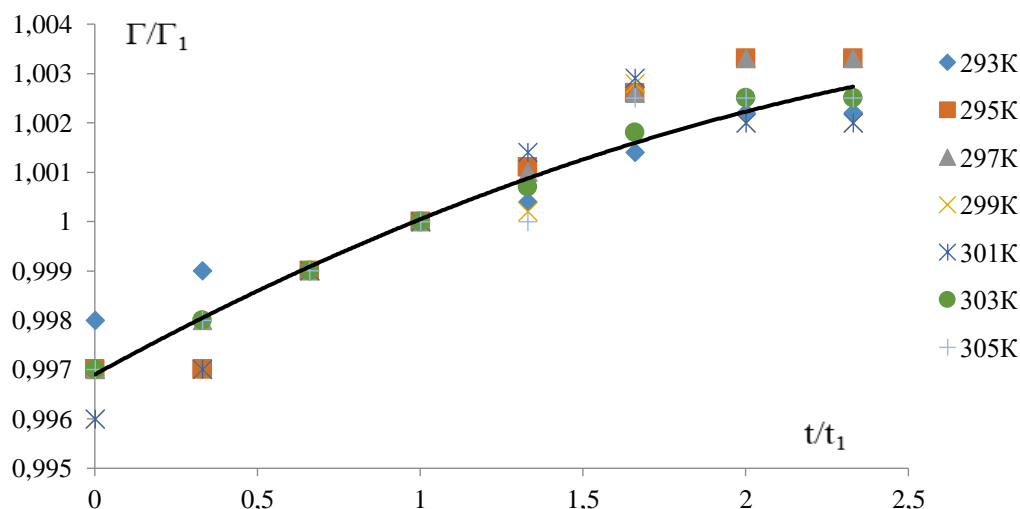


Рисунок 2. Относительная масса порошка от относительного времени при комнатной температуре.

Приведенные оценки показывают, что уравнение (2) позволяет с доверительной вероятностью $\alpha=95$ определить массу исследованных наноцеллюлозы при различных температурах с погрешностью меньше 0,1%.

С помощью уравнения (2) можно рассчитать зависимость каждого объекта (для нашего случая: двухслойную и трехслойную).

Увеличение массу наноцеллюлозы при 3 минут приводит к увеличению максимальной температуры. Результаты экспериментов были проанализированы в зависимости от массы (Γ_1) и функциональная зависимость $f(T)$ целлюлозы приведено в таблице 3.

Для обработки и обобщения экспериментальных данных использованы следующие функциональные зависимости:

$$\Gamma_1 = f(T) \quad (4)$$

Таблица 3

Зависимость температуры опыта от коэффициента адсорбции при Γ_1 .

T, K	293 K	295 K	297 K	299 K	301 K	303 K	305 K
$\Gamma_1 \cdot 10^{-3}$ мол/кг	2,695	2,712	2,732	2,759	2,777	2,802	2,821
%	2,1	2	2	2,4	2	2,2	2
\sum %	2,1						

Выполнимость (4) показано на рисунке 3.

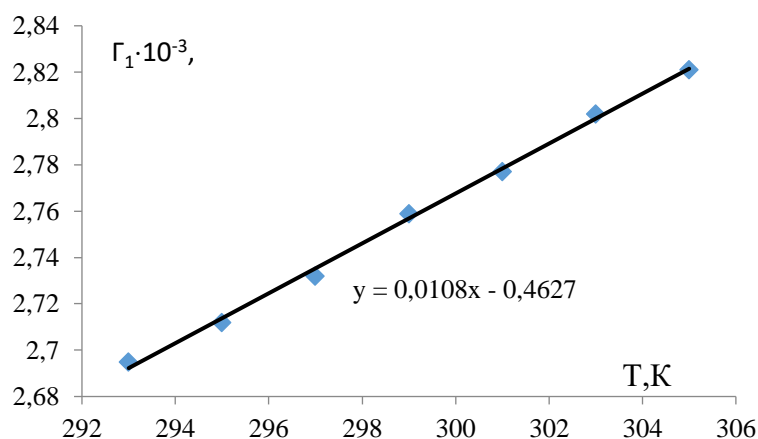


Рисунок 3. Зависимость температуры $T(K)$ от масса наноцеллюлозы (Γ_1).

Как видно из рисунка 3, все экспериментальные данные ложатся вдоль общей прямой, которые имеют вид:

$$\Gamma_1 = 0,0108 \cdot T - 0,4627 . \quad (5)$$

С помощью уравнений (2) и (4) получим:

$$\left[\frac{\Gamma}{\Gamma_1} = -0,0004 \left(\frac{t}{t_1} \right)^2 + 0,0036 \left(\frac{t}{t_1} \right) + 0,9969 \right] \cdot [0,0108 \cdot T - 0,4627]. \quad (6)$$

Приведенные оценки показывают, что выражение (2) с учетом (6) позволяет с доверительной вероятностью 95% определить коэффициент абсорбция исследованных вещество при различных температурах с погрешностью менее 2,1%.

Заключение

Наноцеллюлоза – это многообещающий материал с уникальными теплофизическими и адсорбционными свойствами, которые могут быть использованы в самых различных областях, от экологии до медицины. Текущие исследования продолжают развивать потенциал этого материала, открывая новые горизонты для его применения в будущем.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Зарубина А.Н., Иванкин А.Н., Кулезнев А.С., Кочетков В.А. Целлюлоза и наноцеллюлоза. Обзор./ Лесной вестник // Forestry Bulletin. – 2019. Т. 23. – №5. – С. 116-125.
2. Сергеев Г.Б. Нанохимия. – М.: КДУ, 2007. – 336 с.
3. Иванкин А.Н., Юшина Ю.К., Хвьяля С.И., Горбунова Н.А., Евдокимов Ю.М., Вечеславова И.В. Микронаноинкапсулирование как метод включения биологически активных веществ в ингредиенты пищевого назначения // Сб. научных трудов ВНИИМП им В.М. Горбатова. – М.: РАСХН, 2008. – С. 61–68.
4. Иванова А.А., Новиков М.А., Титов Е.А., Поздняков А.С., Емельянов А.И., Ермакова Т.Г., Соседова Л.М., Прозорова Г.Ф. Исследование токсичности азотсодержащего полимера и нанокомпозита с наночастицами серебра // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2016. Т. 6. – С. 28-33.
5. Роговин З.А. Химия целлюлозы. – М.: Химия, 1972. – 520 с.
6. Зарипова М.А. Установка для определения коэффициента адсорбции / М.М. Сафаров, Дж.А. Зарипов, Т.Р. Тиллоева, Н.Б. Давлатов, Ш.Т. Зикилоев, Х.А. Зоиров, А.Г. Мирзомаматов, К. Мирзоева, С.С. Рачабова, С.С. Абдуназаров, Д.Ш. Хакимов / Министерство экономического развития и торговли Республики Таджикистан. Государственное учреждение «Национальный патентно-информационный центр». Свидетельство о государственной регистрации информационного ресурса. №ТJ 1280. – Душанбе, 2021.
7. Сафаров М.М. Способ определения коэффициента адсорбции / Дж.А. Зарипов, М.А. Зарипова, Т.Р. Тиллоева, Н.Б. Давлатов, С.А. Махмадов, П.М. Сафаров, С.С. Рафиев, Х.А. Зоиров, С.С. Абдуназаров, М.М. Сафаров, Г.Н. Неъматов. Министерство экономического развития и торговли Республики Таджикистан. Государственное учреждение «Национальный патентно-информационный центр». Свидетельство о государственной регистрации информационного ресурса. №ТJ 1279. – Душанбе, 2021.

ХОСИЯТҲОИ АДСОРБСИОНИИ НАНОСЕЛЛЮЛОЗА ВОБАСТА БА ҲАРОРАТ ДАР ФИШОРИ АТМОСФЕРӢ

Дар ин мақола натиҷаҳои таҳқиқоти таҷрибавӣ оид ба хосиятҳои адсорбсионии наноселлюлоза вобаста ба ҳарорат дар фишори атмосферӣ оварда шудааст. Дар асоси натиҷаҳои таҳқиқот маълум гардид, ки хосиятҳои адсорбсионии наноселлюлозаи таҳқиқшаванда бо афзоиши вақт зиёд шуда, бо баланд шудани ҳарорат кам мешавад.

КАЛИДВОЖАҲО: наноселлюлоза, адсорбсия, ҳарорат, вақт, фишори атмосферӣ.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ: Файзова Мунира Алимардоновна, омӯзгори кафедраи физикаи умумии Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав. Тел: (+992) 907-99-63-67; e-mail: munira.fayzova@internet.ru

АДСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА НАНОЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ

В данной статье авторы показали результаты экспериментального исследования по адсорбционным свойствам наноцеллюлозы в зависимости от температуры при атмосферном давлении. По результатам исследования стало ясно, что адсорбционные свойства исследуемой наноцеллюлозы с ростом времени увеличивается, а с повышением температуры уменьшается.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: наноцеллюлоза, адсорбция, температура, время, атмосферное давление.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Файзова Мунира Алимардоновна, преподаватель кафедры общей физики Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. Тел.: (+992) 907-99-63-67; e-mail: munira.fayzova@internet.ru

ADSORPTION PROPERTIES OF NANOCELLULOSE DEPENDING ON TEMPERATURE AT ATMOSPHERIC PRESSURE

This article presents the results of an experimental study on the adsorption properties of nanocellulose depending on temperature at atmospheric pressure. According to the results of the study, it became clear that the adsorption properties of the studied nanocellulose increase with time, and decrease with increasing temperature.

KEY WORDS: nanocellulose, adsorption, temperature, time, atmospheric pressure.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR: Faizova Munira Alimardonovna, Lecturer of the Department of General Physics at Bokhtar State University named after Nosiri Khusrav. Phone: (+992) 907-99-63-67; e-mail: munira.fayzova@internet.ru

УДК:669,017

ВЛИЯНИЕ ТИТАНА НА МИКРОСТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦИНКОВОГО СПЛАВА ЦАМСВ4-1-2,5

Ганиев И.Н., Шарифзода Н.В., Бердиев А.Э.
Российско-Таджикский (славянский) университет
Давлатзода Ф.С.

Дангаринский государственный университет

Введение. Наибольшее применение в промышленности, науке и быту находят металлические материалы – железоуглеродистые сплавы (стали и чугуны), цветные металлы (алюминий, медь, свинец, сурьма, цинк) и их сплавы, структура и свойства которых зависят от многих факторов: химического состава, способов получения, термической обработки и т.д. Свойства металлов и сплавов определяются их внутренним строением – структурой. Для изучения строения металлов и сплавов используют различные методы исследований: макроструктурный анализ, микроструктурный анализ, рентгеноструктурный анализ и др. [1-3].

Наиболее распространенным методом является микроструктурный анализ, который заключается в исследовании структуры металлов и сплавов при помощи микроскопов с различными увеличениями. Он позволяет увидеть структуру металлических материалов – различные фазы, зерна, неметаллические включения и т. д., а также провести их количественную оценку [4-5].

Техника подготовки микрошлифов. Под структурой металлов и сплавов понимается их строение, выявляемое и изучаемое различными современными методами исследования и, в частности методом микроскопического анализа. Микроскопическое исследование играет большое значение, так как большинство свойств сплавов неразрывно связано с их микроструктурой. Микроскопический анализ проводится при увеличении от 50 до 100000 раз с помощью специальных микроскопов.

Для проведения микроанализа приготовили образцы исследуемых сплавов и путем шлифования, полирования и травления, довели его до такого состояния, при котором микроструктура сплава становилась рассматриваемой под микроскопом. Образцы вырезали ручной ножовкой, не допуская при этом сильного нагрева. Размер микрошлифов составлял 1,5-2,0 см². Поверхность образцов шлифовали на специальных станках наждачной бумагой различной зернистости, соблюдая замены направления шлифовки при переходе из одной бумаги на другую. Сигналом для окончания шлифования по бумаге определенного номера явилось исчезновение рисок от шлифования на бумаге предыдущего номера.

Для удаления царапин производили полировку отшлифованной поверхности образцов, после чего она становилась зеркальной. С целью выявления микроструктуры образцы подвергали последней стадии подготовки - травлению. Для выявления макроструктуры цинкового сплава в данной работе использован раствор 0,1%-ного HCl.

После травления микрошлиф промывали в проточной воде и тщательно высушивали прижатием к чистой фильтровальной бумаге. Протравленный и высушенный микрошлиф устанавливали на предметный столик металлографического микроскопа и рассматривали микроструктуру в отраженном свете. Устанавливая оптимальный режим, микроструктуру фотографировали. В данной работе микроструктура образцов изучена с помощью металлографического микроскопа «КОРРАСЕ» при увеличении 400 крат.

Строение и свойства сплавов цинка и отливок из них во многом определяются формой и размерами зерна и их внутренним строением. В литом состоянии сплавы цинка имеют столбчатую кристаллическую структуру, кристаллы растут от охлаждаемой поверхности, в глубь отливки. При этом чем толще слиток, тем крупнее кристаллы. Как правило, для столбчатой структуры литых сплавов с выраженной ориентировкой кристаллов характерна анизотропия механических свойств.

По дынным В.С. Кузнецова с сотрудниками [4], механические свойства заготовок из сплавов цинка зависят от соотношения столбчатых и равноосных зерен. Наибольшее относительное удлинение наблюдается при равноосной структуре, что в свою очередь приводит к некоторому снижению временного сопротивления.

Размер зерна зависит от многих факторов. Установлено, что введение малых количеств добавок алюминия, магния и ртути в цинк наблюдается измельчение зерна. Мышьяк огрубляет зерно, а примеси меди, свинца и серебра не оказывают никакого влияния на структуру цинка [1-6].

По данным [5], добавка 0,09-0,15% титана значительно измельчает зерно цинка. Аналогичное действие на структуру литого цинка оказывает добавка магния в количествах 0,012-0,6%. Сравнение кристаллических решеток магния, титана и цинка показывают о близости их параметров. Отношение c/a для цинка равно 1,85; для титана -1,59 и магния -1,63. Сильное измельчение структуры цинковых сплавов при их модифицировании титаном объясняется образованием интерметаллических соединений типа $TiZn_{15}$, $TiZn_{10}$, Ti_2Zn служащие центром кристаллизации в отливках [5].

Цель работы состоит в исследовании влияния титана в диапазоне 0,005-1,0% на микроструктуру и механические свойства цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5.

На рисунок представлена микроструктура цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 с различным содержанием титана.

Микроструктура легированного титаном сплава ЦАМСв4-1-2,5, характеризуется наличием первичных кристаллов интерметаллидов титана (рис. 1б). Эти кристаллы могут быть больших размеров, что сильно снижает прочностные и технологические свойства сплава (рис. 1а). Заэвтектический сплав ЦАМСв4-1-2,5 с повышенным содержанием титана (рис. 1б) имеют в структуре значительное количество сложных интерметаллических соединений, приводящих к увеличению жаропрочности.

В результате проведенных исследований установлено, что структура сплава ЦАМСв4-1-2,5, с различным содержанием титана однотипная и состоит из твердого раствора цинка с алюминием, двойной эвтектики (Zn+Al) и тройной эвтектики, состоящей из Al,Zn и ϵ -фазы [7].

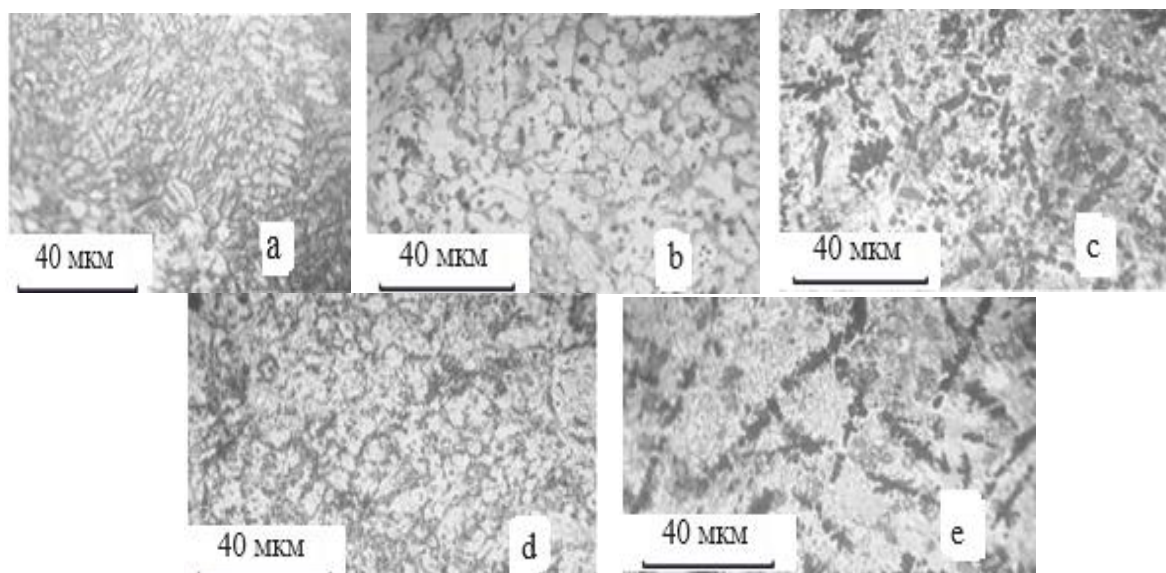


Рис. 1. Микроструктуры сплава ЦАМСв4-1-2,5 (а) с различным содержанием титана, мас. %: 0,05(б); 0,1(с); 0,5(д); 1,0(е).

Также наблюдаются частицы интерметаллических фаз в виде белых игольчатых включений, образовавшихся в процессе кристаллизации сплавов (рис. 1 с, е). Как известно из теории модификации сплавов количество и размер частиц вторых фазы в конечном итоге влияют на коррозионные свойства исходного сплава [8]. Титан как модификатор измельчает структуру, и она становится однородной и мелкозернистой (рис. 1 д).

Техника измерения твердости по Бринеллю. Твердость материалов - их свойство сопротивляться пластическим деформациям при внедрении в них более твердого материала. Твердость материала испытывается при статическом характере вдавливания в него конуса, шарика или пирамиды.

Наиболее широко применяется метод определения твердости по Бринеллю. Этот способ определения заключается в вдавливании стального шарика диаметром D в поверхность испытуемого образца под действием нагрузки P . После снятия нагрузки на поверхности образца остается отпечаток.

Число твердости по Бринеллю (НВ) определяется как величина нагрузки Р, приложенной к шарик, на площадь поверхности сферической отпечатки:

$$HB = \frac{P}{F'}$$

где F' - площадь поверхности отпечатка.

Диаметр шарика выбирают в зависимости от толщины изделия (D = 10; 5; 2,5 мм). Нагрузку Р выбирают в зависимости от диаметра шарика и измеряемой твердости. При D=10 мм; Р= 30000 Н, время - 10 секунд.

Величину твердости определяют по приложенной к прибору нагрузке по таблице в зависимости от диаметра отпечатки, а не по формуле.

Образец с нанесенными тремя отпечатками снимается с предметного столика прессы Бринелля. Измерение диаметров отпечатков производится с помощью специального отсчетного микроскопа на лабораторном столе. Правильные размеры отпечатка будут получены только в том случае, если отсчетный микроскоп точно настроен. Диаметр каждого отпечатка измеряется в двух взаимно перпендикулярных направлениях, и затем подсчитывается средний размер диаметра, по которому и определяется твердость испытуемого материала. В рамках данной работы для определения твердости применяли стационарный твердомер HBRVU-187,5.

Результаты исследования твердости по Бринеллю цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 с 1,0 мас.% приведены в таблице 1. Испытанию подвергались образцы толщиной 10 мм, диаметром 14 мм.

Между твердостью по Бринеллю и пределом прочности цинковых сплавов существует приближенная зависимость

$$\sigma_b = kHB, \text{ Па,}$$

где, k= 0,09 для сплавов цинка.

Добавки небольших количеств титана, оказывает благоприятное влияние на микротвердость из-за измельчения микроструктуры сплавов. Титан является наиболее эффективной добавкой в плане увеличения твердости. Имеется линейная корреляция между их количествами и твердостью.

Как видно из таблицы, с ростом концентрации легирующего металла твердость сплавов увеличивается. Однако строгой закономерности в изменении твердости сплавов в зависимости от порядкового номера легирующего металла не наблюдается. Титан повышают жаропрочность сплавов, затормаживая процессы диффузии и образуя стабильные сложнолегируемые упрочняющие фазы.

Таблица 1

Твердость и расчетная прочность цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 с различным содержанием титана

Содержанием добавок в сплаве, мас. %	Твёрдость НВ, МПа	Расчетная прочность σ_b , МПа
0,0	32,3	79,27
0,005	31,28	76,71
0,5	32,32	79,27
0,1	34,57	84,78
1,0	36,79	90,24

По значениям твердости сплавов был рассчитан предел прочности сплавов на растяжение (σ_b , МПа), значения которых представлены в таблице.

Среди исследованных составов максимальное значение расчетной прочности приходится на цинковый сплав ЦАМСв4-1-2,5 с 1,0 мас %, титана. Исходя из результатов изучения микроструктуры, такой характер влияния титана можно объяснить его модифицирующим эффектом на структуру эвтектик в сплаве ЦАМСв4-1-2,5.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Анисович, А.Г. Микроструктуры черных и цветных металлов / А.Г. Анисович, А.А. Андрушевич. – Минск: Беларуская навука, 2015. – 131 с. – ISBN 978-985-08-1883-6.
2. Атлас микроструктур черных и цветных металлов: учебное наглядное пособие / сост.: А.А. Андрушевич [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2012. – 100 с. ISBN 978-985-519-445-4.

3. Ганиев И.Н., Ходжаев Ф.К., Одинаев М.Х. Влияние бария на кинетику окисления, микроструктуру и эксплуатационные свойства свинцового баббита B(PbSb15Sn10) // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2024. – № 2 (222). – С. 83-91.
4. Кузнецов В.С., Мишин Г.Я. Новиков А.Д.-В кн.: Плавка и литьё цветных металлов сплавав (Гипроцветметобработка. Вып.45. – М.: Металлургия, 1975.
5. Баландин Г.Ф. Основы теории формирования отливки. Часть. – М.: Машиностроение, 1979. – 335 с.
6. Тихонов Б.С. Прокатка цинка. – М.: Металлургиздат, 1963. – 200 с.
7. Кечин В.А., Любинский Е.Я. Цинковые сплавы. – Москва: Металлургия, 1986. – 247 с.
8. Мальцев М.В. Модифицирование структуры металлов и сплавов. – Москва: Металлургия, 1964. – 215 с.

ТАЪСИРИ ТИТАН БА МИКРОСТРУКТУРА ВА ХОСИЯТҲОИ МЕХАНИКИИ ХӮЛАИ РУҲ САМСв4-1-2,5

Дар ин мақола натиҷаҳои таҳқиқот оид ба омӯзиши таъсири титан ба микроструктура, инчунин хосиятҳои механикии хӯлаи руҳ САМСв4-1-2,5 муфассал оварда шудаанд. Дар ҷараёни кор таҳлили дақиқи тағйирот дар сохтори хӯла ва хусусиятҳои механикии он таҳти таъсири иловаҳои зикршуда гузаронида шуд, ки имкон дод, ки нақши онҳо дар ташаккули хосиятҳои мавод ошкор карда шавад.

Сахтии хӯлаҳо бо истифода аз сахтии Бринелл (НВ) санҷида шуд. Таҳқиқотҳо тасдиқ мекунанд, ки иловаҳои титан сахтии хӯлаи аслиро то 36,79 зиёд мекунанд. Иловаҳои титан аз ҷиҳати баланд бардоштани сахтӣ ва қувват самараноктаранд. Натиҷаҳои таҳқиқоти микросохтории хӯлаҳо нишон медиҳанд, ки иловаҳои хурди титан, ки таъсири тағйирёбанда доранд, сохтори эвтектикаро дар хӯлаҳо ба таври назаррас майда мекунанд. Дар сохтори хӯлаҳо дар баробари кристаллизатсияи эвтектика, аз байн рафтани дохилшавии интерметаллидҳои ба системаҳои Al – Ti, тааллуқдошта қайд карда шудааст.

КАЛИДВОЖАҲО: хӯлаи САМСв4-1-2,5, титан, микротағйирёбии Бринелл, микросохтор, худуди устуворӣ.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН: Ганиев Изатулло Наврӯзович, доктори илмҳои химия, академики АМИТ, профессори кафедраи химия ва биологияи Донишгоҳи (Славянии) Россия ва Тоҷикистон. Тел.: (+992) 93-572-88-99; e-mail: ganievizatullo48@gmail.com

Шарифзода Нурафшон Валихон, мудирӣ лабораторияи кафедраи математика ва физикаи Донишгоҳи (Славянии) Россия ва Тоҷикистон. e-mail: nurvalikhon@gmail.com

Бердиев Асадулло Эгамович, доктори илмҳои техникӣ, профессори кафедраи химия ва биологияи Донишгоҳи (Славянии) Россия ва Тоҷикистон. Тел.: (+992) 93-457-72-82; e-mail: berdiev75@mail.ru

Фирӯз Сулаймони Давлатзода, декани факултети табиӣ-риёзӣ ва технологияи муосири Донишгоҳи давлатии Данғара. Тел.: (+992) 93-123-83-38; e-mail: fsulaymoni@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ТИТАНА НА МИКРОСТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦИНКОВОГО СПЛАВА ЦАМСВ4-1-2,5

В данной статье подробно изложены результаты исследования, посвященного изучению воздействия титан на микроструктуру, а также на механические свойства цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5. В ходе работы проводился тщательный анализ изменений в структуре сплава и его механических характеристик под влиянием указанных добавок, что позволило выявить их роль в формировании свойств материала.

Твердость сплавов была протестирована с помощью твердомера Бринеллю (НВ). Исследования подтверждают, что добавки титан, ванадий и ниобий увеличивают твердость исходного сплава до 36,79. Добавки титана являются наиболее эффективным в плане увеличения твердости и прочности. Результаты исследования микроструктуры сплавов показывают, что небольшие добавки титан, ванадий и ниобий, оказывая модифицирующее влияние, значительно измельчают структуру эвтектики в сплавах. В структуре сплавов наряду с кристаллизацией эвтектики отмечено выпадение включений интерметаллидов относящихся к системам Al-Ti.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сплав ЦАМСв4-1-2,5, титан, микротвердость по Бринеллю, микроструктура, предел прочности.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Ганиев Изатулло Наврузович, доктор химических наук, академик НАНТ, профессор кафедры химии и биологии Российско-Таджикского (Славянского) университета. Тел.: (+992) 93-572-88-99; e-mail: ganievizatullo48@gmail.com

Шарифзода Нурафшон Валихон, Зав. лабораторией кафедры математики и физики Российско-Таджикского (Славянского) университета. E-mail: nurvalikhon@gmail.com

Бердиев Асадулло Эгамович, доктор технических наук, профессор кафедры химии и биологии Российско-Таджикского (Славянского) университета. Тел.: (+992) 93-457-72-82; e-mail: berdiev75@mail.ru

Фирӯз Сулаймони Давлатзода, декан факультета естественно-математических дисциплин и современной технологии Дангаринского государственного университета. Тел.: (+992) 93-123-83-38; e-mail: fsulaymoni@mail.ru.

THE EFFECT OF TITANIUM ON THE MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF ZINC ALLOY ZAMSV4-1-2,5

This article describes in detail the results of a study on the effects of titanium on the microstructure, as well as on the mechanical properties of zinc alloy ZAMSV4-1-2,5. In the course of the work, a thorough analysis of changes in the alloy structure and its mechanical characteristics under the influence of these additives was carried out, which made it possible to identify their role in shaping the properties of the material.

The hardness of the alloys was tested using a Brinell hardness tester (HB). Studies confirm that titanium, vanadium and niobium additives increase the hardness of the initial alloy to 36.79. Titanium additives are the most effective in terms of increasing hardness and strength. The results of the study of the microstructure of alloys show that small additives of titanium, having a modifying effect, significantly grind the structure of eutectic in alloys. In the structure of alloys, along with the crystallization of eutectic, the deposition of inclusions of intermetallics belonging to the Al – Ti, system was noted.

KEY WORDS: ZAMSV4-1-2,5 alloy, titanium, Brinell microhardness, microstructure, ultimate strength.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS: Ganiev Izatullo Navruzovich, Doctor of Chemical Sciences, academician of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Professor of the Department of Chemistry and Biology at Russian-Tajik (Slavic) University. Phone: (+992) 93-572-88-99; e-mail: ganievizatullo48@gmail.com

Sharifzoda Nurafshon Valikhon, Head of the Laboratory of the Department of Mathematics and Physics at Russian-Tajik (Slavic) University. E-mail: nurvalikhon@gmail.com

Berdiev Asadkul Egamovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Chemistry and Biology at Russian-Tajik (Slavic) University. Phone: (+992) 93-457-72-82; e-mail: berdiev75@mail.ru

Firuz Suleimani Davlatzoda, Dean of the Faculty of Modern Natural Science Mathematics and Technology at Dangara State University. Phone: (+992) 93-123-83-38; e-mail: fsulaymoni@mail.ru

УДК 669.17: 546.86

КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА АНТИМОНИДОВ СОСТАВА $Gd_4Sb_3 - Ln_4Sb_3$ ($Ln = Tb, Dy$)

Абулхаев В.Д.

Институт химии имени В.И. Никитина НАН Таджикистана

Назарзода Х.Х.

Таджикский государственный университет комерции

Применение сплавов и соединений в вышеуказанных областях основано на их специфические свойства как, электрофизических, магнитных, оптических и других свойствах. Например, ферриты-гранаты и ортоферриты РЗЭ, проявляющие магнитные свойства, применяются как магнитный материал для создания постоянных магнитов, запоминающих и логических устройств, а использование гадолиния и его соединений с германием, силицием и железом в качестве рабочего тела в магнитных холодильниках, обусловлено подходящей температурой Кюри и довольно значительным магнетокалорическим эффектом [1].

В связи с этим исследование кристаллохимические характеристики и магнитные свойства антимонидов редкоземельных элементов являются актуальной работой.

Целью данной работы явилось синтез, исследование кристаллохимические характеристики и исследование магнитных свойств сплавов и соединений систем $Gd_4Sb_3 - Ln_4Sb_3$ ($Ln = Tb, Dy$).

Синтез антимонидов Gd_4Sb_3 , Tb_4Sb_3 , Dy_4Sb_3 и твердых растворов образующих систем $Gd_4Sb_3 - Ln_4Sb_3$ ($Ln = Tb, Dy$) проводили на установке ВДТА - 8МЗ в вакууме 0,0133 Па. В качестве датчика температуры использовали вольфрам-вольфрам-ренийевую термопару (W-W +20% Re). Точность измерения температуры при 1273 К составляла ± 10 К. Образцы перед загрузкой в печь, помещали в герметизированные молибденовые тигли. При выборе тигельного материала руководствовались данными работ [2, 3, 4], где показано, что растворимость молибдена, тантала и вольфрама в жидких РЗЭ весьма незначительна.

При синтезе антимонидов и твердых растворов в качестве исходных компонентов использовали дистилляты РЗЭ (ТУ 48-1303-173-76) и сурьму марки Су-18-4 (ТУ 48-14-18-75).

Синтез антимонидов и твердых растворов исследованных систем проводили двумя методами - прямой и косвенный. Антимониды Ln_4Sb_3 ($Ln = Gd, Tb, Dy$) получали с применением в качестве сурьмы и РЗЭ содержащих компонентов - моноантимонидов $LnSb$ ($Ln = Gd, Tb, Dy$), а моноантимониды РЗЭ получали прямым взаимодействием стружек РЗЭ с порошком сурьмы в герметизированных молибденовых тиглях. Нагревание тигля с веществом проводили со скоростью 20 град/мин до оптимальной температуры, с последующей выдержкой (таблица 1).

Тигль с веществом, после завершения синтеза, охлаждали до комнатной температуры со скоростью 40 град/мин.

Таблица 1
Оптимальные условия синтеза моноантимонидов и антимонидов состава Ln_4Sb_3
($\text{Ln} = \text{Gd}, \text{Tb}, \text{Dy}$)

Исходные компоненты	Температура синтеза, ± 50 К	Время выдержки, час	Антимониды РЗЭ
$\text{Ln} + \text{Sb}$ ($\text{Ln} = \text{Gd}, \text{Tb}, \text{Dy}$)	1373	$2 \pm 0,5$	$\text{GdSb}, \text{TbSb}, \text{DySb}$,
$\text{Ln} + 3\text{LnSb}$ ($\text{Ln} = \text{Gd}, \text{Tb}, \text{Dy}$)	1573	$2 \pm 0,5$	$\text{Gd}_4\text{Sb}_3, \text{Tb}_4\text{Sb}_3, \text{Dy}_4\text{Sb}_3$

Синтез антимонидов состава Ln_4Sb_3 ($\text{Ln} = \text{Gd}, \text{Tb}, \text{Dy}$) вторым методом получали взаимодействием предварительно синтезированных моносоединений со стружкой соответствующего редкоземельного элемента в тиглях из молибдена при температурах 1473 – 1573 К.

Сплавы системы $\text{Gd}_4\text{Sb}_3\text{-Ln}_4\text{Sb}_3$ ($\text{Ln} = \text{Tb}, \text{Dy}$) получали следующим образом, порошки предварительно синтезированных антимонидов состава Ln_4Sb_3 ($\text{Ln} = \text{Gd}, \text{Tb}, \text{Dy}$), отвечающие конкретному химическому составу сплаву $\text{Gd}_{4-x}\text{Ln}_x\text{Sb}_3$ ($\text{Ln} = \text{Tb}, \text{Dy}$; $x=0,4 - 3,6$), тщательно смешивали, спрессовывали и помещали в герметичный молибденовый тигель и нагревали (со скоростью 5-10 К/мин) в среде инертного газа гелия марки ВЧ. Оптимальная температура синтеза составляла $1423\text{-}1523 \pm 50$ К. При этой температуре образцы выдерживали 2-3 часа.

При синтезе твердых растворов систем $\text{Gd}_4\text{Sb}_3\text{-Ln}_4\text{Sb}_3$ ($\text{Ln} = \text{Tb}, \text{Dy}$) предпочтение было отдано методу синтеза с применением в качестве исходных компонентов предварительно синтезированных антимонидов Ln_4Sb_3 ($\text{Ln} = \text{Gd}, \text{Tb}, \text{Dy}$) [5-7]. Моноантимониды изоструктурны и кристаллизуются в кубической сингонии типа NaCl, пространственной группе $\text{Fm}\bar{3}\text{m}$, а изоструктурные антимониды состава Ln_4Sb_3 ($\text{Ln} = \text{Gd}, \text{Tb}, \text{Dy}$), кристаллизуются в кубической сингонии типа анти- Th_3P_4 , в пространственной группе $\bar{1}43\text{d}$.

По данным рентгенофазового и микроструктурного анализа, синтезированные моноантимониды LnSb ($\text{Ln} = \text{Gd}, \text{Tb}, \text{Dy}$) и антимониды Ln_4Sb_3 представляли собой однофазные соединения.

Для разработки способа получения твердых растворов систем

$\text{Gd}_4\text{Sb}_3\text{-Ln}_4\text{Sb}_3$ ($\text{Ln} = \text{Tb}, \text{Dy}$) методами дифференциального термического и рентгенофазового анализов было проведено исследование процесса взаимодействия РЗЭ с сурьмой.

Таблица 2
Кристаллохимические характеристики антимонидов РЗЭ

Антимониды	Структурный тип	Параметр элементарной ячейки, $\pm 0,0005$ нм			Плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$		Микротвердость, Мпа
		a	b	c	эксперим	расчет.	
Антимониды РЗЭ							
GdSb	NaCl	0.6213			7764	7770	1170 ± 250
TbSb	NaCl	0.6176			7965	7970	1050 ± 220
DySb	NaCl	0.6154			8134	8140	1010 ± 150
Gd_4Sb_3	анти- Th_3P_4	0.9240			8420	8428	4860 ± 130
Tb_4Sb_3	анти- Th_3P_4	0.9165			8665	8672	4950 ± 150
Dy_4Sb_3	анти- Th_3P_4	0,9120			8921	8927	5100 ± 80

В качестве примера на рисунке 1 приведены термограмма взаимодействия Gd, Tb с сурьмой. Как видно из рисунка, на термограмме наблюдаются до четырех экзоэффектов разной интенсивности. Первые два экзоэффекта на термограммах относятся к началу, а два последних к активному взаимодействию РЗЭ – (Gd, Tb) с сурьмой.

Кристаллохимические характеристики и значения микротвердости синтезированных антимонидов представлены в таблице 2.

Рентгенофазовый анализ указывает на сложную схему взаимодействия РЗЭ с сурьмой, в процессе образования твердых растворов систем $Gd_4Sb_3 - Ln_4Sb_3$ ($Ln = Tb, Dy$). Так, образцы взаимодействия РЗЭ с сурьмой, охлажденные от температур T_3-T_4 , содержали антимониды Ln_4Sb_3 и $LnSb$ ($Ln = Gd, Tb, Dy$), а охлажденные от T_1-T_2 состояли в основном из моноантимонидов $LnSb$ и РЗЭ.

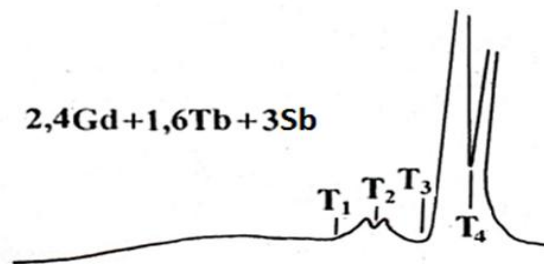


Рисунок 1. Термограммы взаимодействия гадолиния и тербия с сурьмой.

Установлено, что с ростом температуры синтеза доля фазы $LnSb$ ($Ln = Gd, Tb, Dy$) в образце уменьшается, а доля фазы Ln_4Sb_3 ($Ln = Gd, Tb, Dy$) растет. При этом начало образования твердых растворов зафиксировано в диапазоне температур 1023-1373 К (таблица 3) [8-9].

Таблица 3

Значения температур взаимодействия РЗЭ с сурьмой

Исходные компоненты	Значения температур экзотермических эффектов, К			
	T_1	T_2	T_3	T_4
$2,8Gd + 1,2Nd + 3Sb$	653	738	758	828
$2,4Gd + 1,6Tb + 3Sb$	753	778	828	853
$2Gd + 2Dy + 3Sb$	746	766	838	853
$1,6Gd + 2,4Yb + 3Sb$	743	758	833	868
$1,2Tb + 2,8Dy + 3Sb$	763	795	843	858

Необходимость исследования магнитных свойств антимонидов состава Ln_4Sb_3 ($Ln = Gd, Tb, Dy$), как компонентов, возникла при исследовании магнитных свойств твердых растворов $Gd_{4-x}Ln_xSb_3$ ($Ln = Tb, Dy$). Следует отметить, что магнитные свойства антимонидов Ln_4Sb_3 ($Ln = Gd, Tb, Dy$) в данной работе исследованы впервые [1].

Исследование молярной магнитной восприимчивости антимонидов состава Ln_4Sb_3 ($Ln = Gd, Tb, Dy$) проводили в диапазоне температур 298-773 К. Результаты исследования, показали, что во всем изученном диапазоне температур указанные антимониды проявляют парамагнитные свойства.

Значения молярной магнитной восприимчивости при комнатной температуре, парамагнитной температуры Кюри антимонидов состава Ln_4Sb_3 и эффективного магнитного момента представлены в таблице 4.

Таблица 4

Магнитные свойства антимонидов состава Ln_4Sb_3

Антимониды	$\chi_m \times 10^6$ при 298 К	θ_p, K	$\mu_{эфф.} \times 10^{24}, A \cdot m^2$	$\mu_{эфф.} \times 10^{24}, A \cdot m^2$ [55]
Pr_4Sb_3	6037,2	25	33,75	33,2
Nd_4Sb_3	6594,0	38	34,30	33,57
Gd_4Sb_3	122291,5	235	73,0	73,6
Tb_4Sb_3	95087,4	175	90,05	90,14
Dy_4Sb_3	86295,4	138	97,37	98,6
Yb_4Sb_3	5811,6	8	32,44	42,01

Результаты исследования магнитные свойства твердых растворов систем $Gd_4Sb_3 - Ln_4Sb_3$ ($Ln = Tb, Dy$) в диапазоне температур 298 -773 К показали, что во всем изученном диапазоне температур указанные твердые растворы проявляют парамагнитные свойства [10-12].

Значения молярной магнитной восприимчивости при комнатной температуре, парамагнитной температуры Кюри и значения эффективных магнитных моментов ионов РЗЭ твердых растворов представлены в таблице 5.

Таким образом, результаты данной работы указывают на возможность получения на основе $Gd_4Sb_3 - Ln_4Sb_3$ ($Ln = Tb, Dy$) твердых растворов $Gd_{4-x}Ln_xSb_3$; ($x=0,4\div 3,6$) с повышенными магнитными свойствами.

Таблица 5

Магнитные свойства твердых растворов систем $Gd_4Sb_3 - Ln_4Sb_3$ ($Ln = Tb, Dy$)

Твердые растворы	$\chi_m \times 10^6$ при 298 К	θ_p, K	$\mu_{эфф.} \times 10^{24}, A \cdot m^2$
<i>Твердые растворы системы $Gd_4Sb_3 - Tb_4Sb_3$</i>			
$Gd_{3,6}Tb_{0,4}Sb_3$	150463,5	245	74,30
$Gd_{3,2}Tb_{0,8}Sb_3$	189156,4	254	75,95
$Gd_{2,8}Tb_{1,2}Sb_3$	216682,2	258	77,53
$Gd_{2,4}Tb_{1,6}Sb_3$	275615,2	265	79,38
$Gd_2Tb_2Sb_3$	164604,0	240	81,33
$Gd_{1,6}Tb_{2,4}Sb_3$	133286,4	226	81,61
$Gd_{1,2}Tb_{2,8}Sb_3$	116360,2	210	84,20
$Gd_{0,8}Tb_{3,2}Sb_3$	106957,2	198	86,24
$Gd_{0,4}Tb_{3,6}Sb_3$	98023,52	184	88,10
<i>Твердые растворы системы $Gd_4Sb_3 - Dy_4Sb_3$</i>			
$Gd_{3,6}Dy_{0,4}Sb_3$	150463,5	238	77,62
$Gd_{3,2}Dy_{0,8}Sb_3$	189156,4	242	77,34
$Gd_{2,8}Dy_{1,2}Sb_3$	216682,2	254	70,76
$Gd_{2,4}Dy_{1,6}Sb_3$	275615,2	240	78,17
$Gd_2Dy_2Sb_3$	164604,0	228	80,2
$Gd_{1,6}Dy_{2,4}Sb_3$	133286,4	216	77,8
$Gd_{1,2}Dy_{2,8}Sb_3$	116360,2	186	83,18
$Gd_{0,8}Dy_{3,2}Sb_3$	106957,2	154	96,54
$Gd_{0,4}Dy_{3,6}Sb_3$	98023,52	145	99,04

ЛИТЕРАТУРА:

1. Белов, К.П. Редкоземельные магнетики и их применение. / К.П. Белов. – М.: Наука, 1980. – 239 с.
2. Назарзода, Х.Х. Твердые растворы антимонидов и висмутидов редкоземельных элементов. Дисс. д-ра. тех. наук. / Х.Х. Назарзода. – Душанбе, 2021. – 310 с.
3. Савицкий, Е.М., Металловедение редкоземельных металлов / Е.М. Савицкий, В.Ф. Терехова. – М.: Наука, 1975. – 270 с.
4. Назарзода, Х.Х., Твердые растворы на основе антимонидов Tb_4Sb_3, Nd_4Sb_3 и их электрофизические свойства. / Абулхаев В.Д., Балаев М.А., Ганиев И.Н., Назарзода Х.Х., Сайдалиев Б.Д., Убайдов С.О. // Доклады НАНТ. Душанбе. – 2023. Том 66. – №11-12. – С. 705-711.
5. Назаров, Х.Х. Диаграмма состояния системы $Gd_4Sb_3-Tb_4Sb_3$ / Х.Х. Назаров, В.Д. Абулхаев, Ю.С. Азизов, И.Н. Ганиев // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2004. – Т. XLVII. – №1-2. – С. 52-55.
6. Твердые растворы системы $Gd_4Sb_3-Tb_4Sb_3$ / С.К. Аvezов, В.Д. Абулхаев, Х.Х. Назаров, Б.А. Кадыров // Вестник Таджикского государственного педагогического университета им. К. Джуроева. – 2004. – С. 30.
7. Назаров, Х.Х. Диаграмма состояния и некоторые свойства сплавов системы $Tb_4Sb_3 - Dy_4Sb_3$ / Х.Х. Назаров, В.Д. Абулхаев, Ю.С. Азизов, И.Н. Ганиев // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2005. – Т. XLVIII. – №1. – С. 4-7.
8. Балаев, М.А. Синтез и некоторые свойства сплавов и соединений системы $Gd - Sb$ / М.А. Балаев, В.Д. Абулхаев, И.Н. Ганиев, Х.Х. Назаров / Материалы республиканской научно-практической конференции «Современные проблемы химии, химической технологии и металлургии». – Душанбе, 2009. – С. 136-138.
9. Убайдов, С.О. Твердые растворы системы $Gd_4Sb_3 - Tb_4Bi_3$ / С.О. Убайдов, В.Д. Абулхаев, Х.Х. Назаров, Х.А. Рахимов, Н.Ш. Холов / Материалы научно-теоретической конференции молодых

- учёных Таджикистана «Молодеж и современная наука», посвященной 20-летию 16-ой сессии Верховного Совета Республики Таджикистан». – Душанбе, 2012. – С. 320-324.
10. Назаров, Х.Х. Новые магнитные материалы на основе сплавов систем Gd_4Sb_3 – Ln_4Sb_3 ($Ln=Tb, Dy$) / Х.Х. Назаров, В.Д. Абулхаев, Х.А. Рахимов, Н.Ш. Холов / Материалы республиканской научно-теоретической конференции молодых учёных Таджикистана, посвященной 1310-летию Имома Аъзама «Чавонон ва илми муосир». – Душанбе, 2010. – С. 180-184.
 11. Убайдов, С.О. Твердые растворы системы Gd_4Sb_3 - Tb_4Bi_3 / С.О. Убайдов, В.Д. Абулхаев, Х.Х. Назаров, Х.А. Рахимов, Н.Ш. Холов / Материалы научно-теоретической конференции молодых учёных Таджикистана «Молодеж и современная наука», посвященной 20-летию 16-ой сессии Верховного Совета Республики Таджикистан». – Душанбе, 2012. – С. 320-324.
 12. Назаров, Х.Х. Концентрационные зависимости некоторых физических свойств сплавов и соединений $Dy-Sb$ / Х.Х. Назаров, В.Д. Абулхаев / Материалы республиканской научно-практической конференции «Экономическое развитие энергетики в Республике Таджикистан», посвященной 25-летию государственной независимости Республики Таджикистан. – Курган-Тюбе, 2016. – С. 99-101.

ТАСНИФОТИ КРИСТАЛЛОХИМИЯВӢ ВА ХОСИЯТҲОИ МАГНИТИИ АНТИМОНИДҲОИ ТАРКИБ $Gd_4Sb_3 - Ln_4Sb_3$ ($Ln = Tb, Dy$)

Дар мақола таъкид шудааст, ки ҳулаҳо ва пайвастагиҳои элементҳои нодирзаминӣ (ЭНЗ) бештар дар соҳаҳои радиотехника, электроника, таҷҳизотсозӣ, мошинасозӣ, шишасозӣ, авиатсионӣ, химиявӣ, металлургӣ, электровакуумӣ ва дигар соҳаҳо истифода мешаванд. Солҳои охир таҳқиқоти илмӣ оид ба ҳосил намудани масолеҳҳои нави магнитӣ дар асоси ЭНЗ ба монанди Gd , Tb ва Dy бештар шуда истодааст. Ин мавод хосиятҳои хоси магнитиро нисбат ба компонентҳои аввалия зоҳир менамоянд.

КАЛИДВОЖАҲО: ҳулаҳо ва пайвастагиҳои ЭНЗ, синтез, кристаллохимия, хосиятҳои магнитӣ, ҳарорати парамагнитии Кюри, антимонидҳо ва система.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН: Абулхаев Владимир Чалолович, доктори илмҳои химия, профессор, сарҳодими илми Институти химияи ба номи В.И. Никитини АМИТ. E-mail: abulkhaev-48@mail.ru

Назарзода Хайрулло Холназар, доктори илмҳои техникӣ, профессори Донишгоҳи давлатии тичорати Тоҷикистон. E-mail: nazarov-h2013@mail.ru.

КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА АНТИМОНИДОВ СОСТАВА $Gd_4Sb_3 - Ln_4Sb_3$ ($Ln = Tb, Dy$)

В статье подчеркивается, что сплавы и соединения редкоземельных элементов (РЗЭ) в широком диапазоне применяется в радиотехнической, электронной, приборостроении, машиностроительной, стекольной, авиационной, химической, металлургической, электровакуумной и в других областях промышленности. В последние годы расширяется научные исследование по созданию новых магнитных материалов на основе РЗЭ, как Gd , Tb и Dy . Эти материалы проявляют уникальные магнитные свойства по сравнению исходных компонентов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сплавы и соединения РЗЭ, синтез, кристаллохимия, магнитные свойства, парамагнитная температура Кюри, антимониды и система.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Абулхаев Владимир Джалолович, доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник Института химии имени В.И. Никитина НАНТ. Email: abulkhaev-48@mail.ru

Назарзода Хайрулло Холназар, доктор технических, профессор Таджикского государственного университета коммерции. E-mail: nazarov-h2013@mail.ru.

CRYSTAL CHEMICAL CHARACTERISTICS AND MAGNETIC PROPERTIES OF ANTIMONIDES OF THE COMPOSITION $Gd_4Sb_3 - Ln_4Sb_3$ ($Ln = Tb, Dy$)

Alloys and compounds of rare earth elements (REE) are widely used in radio engineering, electronics, instrument making, mechanical engineering, glass, aviation, chemical, metallurgy, vacuum tubes and other industries. In recent years, scientific research has been expanding on the creation of new magnetic materials based on rare earth elements such as Gd , Tb and Dy . These materials exhibit unique magnetic properties compared to the original components.

KEY WORDS: alloys and compounds of rare earth elements, synthesis, crystal chemistry, magnetic properties, paramagnetic Curie temperature, antimonides and system.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS: Abulhaev Vladimir Jalolovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Chief researcher at Institute of Chemistry named after V.I. Nikitina of the NAST. E-mail: abulkhaev-48@mail.ru

Nazarzoda Khayrullo Kholnazar, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Tajik State University of Commerce. E-mail: nazarov-h2013@mail.ru.

СИФАТИ ОБҲОИ ЗАХИРАВИИ ФАРОМАРЗӢ ДАР ВИЛОЯТИ СУҒД

Тиллобоев Х.И., Назаров Х.М., Ишратов И.М., Шафиев Ф.З., Мирсаидзода И.
Агентии амнияти химиявӣ, биологӣ, радиационӣ ва ядроии АМИ Тоҷикистон

Сирдарё шохоби серобтарин ва дуюмин (баъд аз Амударё) шохоби калонтарини аз шаҳри Хучанд ба баҳри Арал чоришаванда мебошад. Он аз кӯҳҳои Алп ва Курамин сарчашма гирифта ба вилояти Қостанай (Қазоқистон), дар сарҳади Қирғизистону Қазоқистон, аз шимол ба ҷануб убури карда ҷорӣ мешавад [1].

Оби Сирдарё дар тамоми ҷараёни худ ва қариб тамоми фаслҳои сол таркиби химиявии гидрокарбонатӣ-калциеӣ мебошад. Дуруштии умумии оби дарё ва инчунин минерализатсияи таркибии он, ҳар қадаре ҷорӣ шавад нисбатан кам мешавад. Нишондиҳандаҳои пасттарини он одатан барои давраи обҳезӣ хос буда 2,0-2,5 мг-экв/л ва қиммати баландтарини он - 4,0-10 мг-экв/л (яъне дар фасли баҳор об хеле нарм ва тобистон-тирамоҳ дурушт ва хеле дурушт) мешавад.

Об дар давоми сол каме ишқорӣ мешавад: дараҷаи миёнаи рН дар шаҳри Хучанд аз 7,6, ноҳияи Б. Ғафуров, ноҳияи Спитамен то 7,3 дар ноҳияи Мастҷоҳ ва дар ноҳияи Спитамен то 7,0 паст мешавад.

Намунаи об дар моҳҳои июл ва августи соли 2021 дар шаш нуқтаи намунагирии гидрохимиявӣ гирифта шудааст. Координатаҳои нуқтаҳо бо истифода аз навигатори GPS муайян карда шуданд. Ҳамзамон дар соҳилҳои чап ва рости дарё, ки ба шохобҳои гуногун ҷудо гардидаанд, дар ду нуқтаи Сирдарё оби нӯшоқӣ таҳлил карда шуд. Боз дар Сирдарё обанбори Қайроқум воқеъ гардидааст (40.289261 N, 69.619889 E). Ин обанбор ҳамчун захираи оби нӯшоқӣ, ирригатсионӣ ва маданияи маишӣ истифода бурда мешавад.

Намунаҳои барои таҳлил аз шаш нуқта гирифта шуданд:

Намунаи №1 – даромадгоҳи Қайроқум 40.375040 N, 70.303086 E;

Намунаи №2 – баромадгоҳи Қайроқум 40.283059 N, 69.807199 E. 6 км дуртар аз Хучанд;

Намунаи №3 – пули қуҳна 40.289261 N, 69.619889 E;

Намунаи №4 – пули Чинӣ 40.261148 N, 69.583092 E;

Намунаи №5 – дар доҳили ш. Бекобод 40.222055 N, 69.432130 E;

Намунаи №6 – маркази оби нӯшоқии ш. Хучанд 40.222055 N, 69.532670 E.

Гирифтани намуна бо усули стандартӣ тибқи ГОСТ Р 51592-2000 «Об. Талаботи умумӣ барои интиҳоб» ба роҳ монда шуд.

Таҳлили химиявии об аз рӯи усулҳои тасдиқшуда гузаронида шуд. Талаботи биохимиявии оксиген дар панҷ шабонарӯз (TBO_5) дар асбоби таҳлиғари хурди оксигени ҳалшуда «МАРК-201» муайян карда шуд.

Сифати оби Сирдарё, дар асоси системаи нишондиҳандаҳои мувофиқи стандартҳои қабулшуда оид ба ҳадди ҷоизии консентратсияи моддаҳои зараровар барои обанборҳои моҳипарварӣ баҳо дода шуд. Аз рӯи таҳлили маълумоти дар ҷадвали 1 овардашуда чунин хулоса баровардан мумкин аст: миқдори оксигени дар об ҳалшуда дар ҳадди ҷоизӣ қарор дошта консентратсияи он бошад 7,01-9,18 мг/л-ро ташкил медиҳад, гарчанде ки он ба 100% сершавӣ нарасидааст.

Нишондиҳандаҳо	ҲКЧ	Ҷои интиҳоб					
		Намуна №1	Намуна №2	Намуна №3	Намуна №4	Намуна №5	Намуна №6
Оксиген мг/л	4	7,01	8,03	7,75	9,2	9,18	9,38
TBO_5 мг/л	2	4,25	4,20	4,27	4,26	3,11	2,22
Иони аммоний, мг/л	0,4	0,58	1,17	1,05	1,57	1,29	1,23
Нитритҳо, мг/л	0,02	0,217	0,525	0,370	0,051	0,021	0,028
Нитратҳо, мг/л	8,9	0,30	0,39	0,55	0,37	0,32	0,29
Оҳанҷҳои умумӣ, мг/л	0,1	1,47	0,67	1,19	0,8	1,77	1,52
Мис, мкг/л	1	4,28	7	9,12	6,50	7,18	6,02
Рӯҳ, мкг/л	9	108,08	84,23	81,42	16,25	53,17	49,14
Маҳсулоти нафтӣ, мг/л	0,05	0,31	1,30	1,05	0,12	0,5	0,42
Сурфактанҳои синтетикӣ, мг/л	0,1	0,04	0,03	0,02	0,05	0,06	0,02

Дар обҳои рӯизаминӣ миқдори оксигени ҳалшуда аз 0 то 15 мг/дм³ буда, ба тағйирёбии фасли сол ва шабонарӯзӣ ба норасоӣ оварда мерасонад, сабаби он дар обанборҳо бо пайвастагиҳои органикӣ олуида шудан ва инчунин дар тул қашидани яхбандӣ мушоҳида мешавад.

Паст шудани концентратсия то 2 мг/дм^3 боиси марги оми моҳиҳо ва дигар организмҳои обӣ мегардад [2].

Миқдори моддаҳои органикии зуд туршшаванда (мувофиқи TBO_5), ки микрофлораи истеъмолшавандаро ҳангоми раванди таҷзияи туршшавии моддаҳои органикӣ нишон медиҳад, аз ХҚЧ дар ҳамаи намунаҳо 1,5-2,1 маротиба зиёдтар буд, танҳо дар назди сарбанди Сирдарё нишондиҳандаи TBO_5 ба 1,22 мг/л баробар буд, ки дар меъёри ҷоизӣ мебошад. Қимати TBO_5 бо самти ҷоришавии дарё аз намунаи №3 то намунаи №6 коҳиш меёбад.

Биогенҳо дар татбиқи равандҳои прадуксионии обанборҳо нақши муҳим мебозад. Аммо, миқдори зиёди онҳо метавонад ба организмҳои обӣ таъсири манфӣ расонад.

Концентратсияи оҳан дар ҳамаи намунаҳо аз ХҚЧ баланд буда аз 6,2 то 17,3 мебошад. Миқдори ҳадди аксари оҳан ба қитъаҳои «Пули кухна» – 1,44 мг/л, «Баромади Қайроқум» – 1,17 мг/л ва «Сарҳади Бекобод» – 1,73 мг/л рост меояд. Чунин концентратсияи баланди ин унсур, ҳатто аз сатҳи заминавии он дар обанбори Қайроқум (0,3-0,5 мг/л) зиёдтар мебошад, эҳтимоли пайдоиши антропогении онро нишон диҳад.

Мис ва руҳ унсурҳои генезиси дугона мебошанд. Онҳо барои ҳама организмҳои зинда дар концентратсияи муайян ҳаётан заруранд, зеро онҳо як қисми ферментҳо ё фаълқунандаҳои онҳо мебошанд, ки тамоми равандҳои биохимиявиро катализатсия мекунад ва вазифаҳои муҳимтарини биологиро дар равандҳои фотосинтез, нафаскашӣ ва реаксияҳо иҷро мекунад. Аммо, концентратсияи баланд барои организмҳои обӣ захрнок аст.

Миқдори мис дар оби дарёи Сир дар доираи 4,31-9,55 мкг/л ва арзиши ХИК барои обанборҳои моҳипарварӣ 1 мкг/л фарқ мекард. Концентратсияи баландтарин дар намунаи деҳаи Ёва (поён) мушоҳида шудааст - 9,5 ХҚЧ. Концентратсияи руҳ дар ҳама минтақаҳои таҳлилшуда аз сатҳи ХҚЧ зиёдтар муайян карда шуд, аз 1,7 то 10,8 баробарро ташкил дод.

Дар обанбор моддаҳои ғизоӣ дар татбиқи равандҳои истеҳсоли нақши муҳим мебозанд. Бо вучуди ин, миқдори зиёди онҳо метавонад ба организмҳои обӣ таъсири манфӣ расонад.

Концентратсияи оҳан дар ҳама намунаҳо баланд буда аз 6,2 то 17,3 ХҚЧ ташкил дод. Миқдори максималӣ барои қитъаҳои пули кухна – 1,44 мг/л, баромади Қайроқум – 1,17 мг/л ва сарҳади Бекобод – 1,73 мг/л мебошад. Чунин концентратсияи баланди элемент, ки ҳатто аз сатҳи заминавии обанбори ҳавзаи Қайроқум (0,3-0,5 мг/л) зиёдтар аст, метавонад пайдоиши антропогении онро нишон диҳад.

Маҳсулоти нафтӣ ба обҳо бо роҳҳои гуногун ҳамроҳ мешаванд: бо обҳои партови корхонаҳои коркарди нафт, нафтбарорӣ, химиявӣ, металлургӣ ва дигар соҳаҳои саноат, бо оби партовҳои маишӣ. Бисёр ҷузъҳои нафтӣ дорои хосиятҳои захролудӣ мебошанд, ки ба ҳаёти организмҳои обӣ таъсири манфӣ мерасонанд [3].

Аз ҷониби мо индекси ифлосшавии обҳо муайян карда шуд. Асосан шаш нишондиҳандаҳои обҳо чен карда шуданд: концентратсияи оксигени ҳалшуда ва қимати TBO_5 , нитрогени нитрит, оҳан, руҳ, маҳсулоти нафтӣ. Ҳамин тариқ, қимати индекси ифлосшавии обҳо чунин буд: барои намунаи «Хучанд» – 3,4 воҳид мебошад, ки ба синфбандии 3 «ифлосиаш миёна» рост меояд; намунаи «Пули Чин» – 2,32 адад, ки ба синфбандии 3 «ифлосшуда» мувофиқат мекунад; Намунаи «Бекобод» – 6,46 адад, ки ба синфбандии 5 «хеле ифлос» рост меояд [4].

Динамикаи нишондиҳандаҳои миёнаи гидрохимиявии оби Сирдарё ифлосқунандаҳои асосиро нишон медиҳад, аз ҷумла: моддаҳои органикӣ (мувофиқи TBO_5), нитрогени аммоний, нитритҳо, оҳанҳо, металлҳои вазнин (мис ва руҳ), маҳсулоти нафтӣ. Миқдори зиёди моддаҳои ифлосқунанда дар намунаҳои шаҳри «Хучанд», «Пули Чин» (болотар аз манбаи ифлосшавӣ) ва шаҳри Бекобод (зери манбаи ифлосшавӣ) ба қайд гирифта шудааст. Сифати обҳо дар қитъаҳои гуногуни дарё аз рӯи индекси ифлосшавӣ, ба синфбандии 3-5 аз «ифлосшавии миёна» то «хеле ифлос» мувофиқат меояд.

Ҳамин тариқ, обҳои ифлос аз обҳои муташаккил ва ғайримуташаккил, аз ҷумла аз минтақаҳои шаҳрनिшин аз корхонаҳои саноатӣ, коммуналӣ-кишоварзӣ, кишоварзӣ ва чорводорӣ меоянд. Нишондиҳандаҳои гидрохимиявии оби Сирдарё аз он шаҳодат медиҳанд, ки дарё таъсири шадиди антропогениро аз сар мегузаронад, бинобар ин, бояд мониторинги ифлосқунандаҳои асосӣ ташкил карда шавад.

АДАБИЁТ:

1. Разыков, З.А. Концентрация тяжелых металлов в реке Сырдарья Северного Таджикистана. / З.А. Разыков, Дж.Н. Шерматов, Д.Д. Ходжибаев, М.М. Юнусов / Сборник тезисов Международного

- научно-практической конференции «Технологии водоподготовки, биотехнологии и экологические аспекты». – Киев, 2013. – С. 36-37
2. Назаров, Х.М. Содержание изотопов ^{210}Po и ^{210}Pb в воде искусственного озера г. Истиклола Республики Таджикистан и их биоаккумуляция в организме рыб / Х.М. Назаров, В.М. Миряхьяев, Х.И. Тиллобоев, М.М. Махмудова, У.М. Мирсаидов // Радиационная гигиена. – 2019. Т.12. – №2 (спецвыпуск). – С. 50-53. DOI: 10.21514/1998-426X-2019-10-2-50-53.
 3. Тиллобоев, Х.И. Присутствие и особенности тяжелых металлов в составе природных вод / Х.И. Тиллобоев, М.М. Юнусов, О.О. Ибодуллоев // Ученые записки. Серия экономических и естественных наук. – 2018. – №4 (47). – С. 60-65.
 4. Разыков, З.А. Анализ воды Сырдарья на тяжелые металлы. / З.А. Разыков, М.М. Юнусов, Д.Д. Ходжибаев, Дж.Н. Шерматов / Материалы Республиканского научно-практической конференции «Проблемы переработки месторождения полезных ископаемых». – Чкаловск: ГМИТ, 2015. – С. 29-31.

СИФАТИ ОБҲОИ ЗАХИРАВӢИ ФАРОМАРӢӢ ДАР ВИЛОЯТИ СУҒД

Дар мақола мушқилот, ифлосшавӣ ва сифати оби дарёҳои фаромарзӣ, дар мисоли Сирдарё баррасӣ шудааст. Баҳодиҳии сифати обҳои захиравӣ аз рӯи нишондодҳои гидрохимиявӣ, тибқи талаботи маъмул ва ҳадди концентратсияи ҷоизии (ҲҚЧ) моддаҳои зарарнок барои моҳипарварии обҳои дарёҳо гузаронида шуд. Дар натиҷаи таҳқиқот муқаррар карда шуд, ки баъзе нишондиҳандаҳо ба талаботи ҲҚЧ аз рӯи баъзе элементҳо ҷавобгӯ намебошад.

КАЛИДВОЖАҲО: металлҳои вазнин, ифлосшавӣ, спектрометрия, радиометрия, намуна, таҳлил, концентратсия.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН: Тиллобоев Ҳакимҷон Ибрагимович, мудири сектори илмӣ-таҳқиқотии Филиали Агентии амнияти химиявӣ, биологӣ, радиатсионӣ ва ядроии Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон дар вилояти Суғд.

Назаров Холмурод Марипович, доктори илмҳои химия, профессор, муовини директори Филиали Агентии амнияти химиявӣ, биологӣ, радиатсионӣ ва ядроии Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон дар вилояти Суғд.

Ишратов Шерзод Назиршоевич, унвонҷӯи Агентии амнияти химиявӣ, биологӣ, радиатсионӣ ва ядроии Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон.

Шафиев Фирӯз Зафарович, лаборанти калони сектори илмӣ-таҳқиқотии Агентии амнияти химиявӣ, биологӣ, радиатсионӣ ва ядроии Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон.

Мирсаидзода Илҳом, доктори илмҳои техникаӣ, директори Агентии амнияти химиявӣ, биологӣ, радиатсионӣ ва ядроии Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон.

КАЧЕСТВО ВОД ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕСУРСОВ В СОГДИЙСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье обсуждаются проблемы, загрязнение и качество воды трансграничных рек на примере Сырдарьи. Оценка качества запасных вод проводилась по гидрохимическим показателям, согласно общим требованиям и ПДК вредных веществ для рыбоводства и речных вод. В результате исследования установлено, что некоторые показатели не соответствуют требованиям ВСЮ по некоторым элементам.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тяжелые металлы, загрязнение, спектрометрия, радиометрия, проба, анализ, концентрация.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Тиллобоев Ҳакимҷон Ибрагимович, заведующий научно-исследовательским сектором Филиала Агентства химической, биологической, радиационной и ядерной безопасности Национальной академии наук Таджикистана в Согдийской области.

Назаров Холмурод Марипович, доктор химических наук, профессор, заместитель директора Филиала Агентства химической, биологической, радиационной и ядерной безопасности Национальной академии наук Таджикистана в Согдийской области.

Ишратов Шерзод Назиршоевич, кандидат на звание агента по химической, биологической, радиационной и ядерной безопасности Национальной академии наук Таджикистана.

Шафиев Фирӯз Зафарович, старший лаборант научно-исследовательского сектора Агентства химической, биологической, радиационной и ядерной безопасности Национальной академии наук Таджикистана.

Мирсаидзода Илҳом, доктор технических наук, директор агентства химической, биологической, радиационной и ядерной безопасности Национальной академии наук Таджикистана.

WATER QUALITY OF TRANSBOUNDARY RESOURCES IN THE SUGHD REGION

The article discusses the problems, pollution and water quality of transboundary rivers using the example of the Syr Darya. The quality of reserve waters was assessed using hydrochemical indicators, in accordance with general requirements and MAC of harmful substances for fish farming and river waters. As a result of the study, it was found that some indicators do not meet the requirements of the All-Russian Society of Hydrometeorologists for some elements.

KEY WORDS: heavy metals, pollution, spectrometry, radiometry, sample, analysis, concentration.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS: Tilloboev Khakimjon Ibragimovich, Head of the Research Sector of the Branch of the Agency for Chemical, Biological, Radiation and Nuclear Safety of the National Academy of Sciences of Tajikistan in Sughd Region.

Nazarov Kholmurod Maripovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Deputy Director of the Branch of the Agency for Chemical, Biological, Radiation and Nuclear Safety of the National Academy of Sciences of Tajikistan in Sughd Region.

Ishratov Sherzod Nazirsheevich, Candidate for the Title of Agent for Chemical, Biological, Radiation and Nuclear Safety of the National Academy of Sciences of Tajikistan.

Shafiev Firuz Zafarovich, Senior Laboratory Assistant of the Research Sector Agent for Chemical, Biological, Radiation and Nuclear Safety of the National Academy of Sciences of Tajikistan.

Mirsaidzoda Ilkhom, Doctor of Technical Sciences, Director of the Agency for Chemical, Biological, Radiation and Nuclear Safety of the National Academy of Sciences of Tajikistan.

УДК: 669.5: 669.715

ТЕПЛОЁМКОСТЬ И КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОТДАЧИ ЦИНКОВОГО СПЛАВА ЦАМСв4-1-2,5 С ГАЛЛИЕМ

Абдухоликова П.Н.

Российско-Таджикский (славянский) университет

В работе [1] отмечается, что благодаря археологическим раскопкам было обнаружено, что изделия из цинка стали применять примерно с 7 века нашей эры. Этот металл был очень распространен за счет ряда полезных свойств. Цинковый сплав может изготавливаться из различных веществ, от чего зависят его характеристики. Такой материал применяется в различных отраслях, в том числе и в ювелирии.

Цинковые сплавы получили широкое применение. Примерно половина производимого цинка используется в качестве покрытия для защиты от коррозии стальных конструкций и изделий. В настоящее время промышленности располагают современными методами и средствами для нанесения цинковых покрытий. Кроме того цинковые сплавы используют в автомобилестроении. Из цинковых сплавов изготавливают дверные ручки, зеркала, создают детали для декора салона автомобиля. Используются при создании ювелирных украшений. Цинк сплавляют с золотом, за счет чего повышается его пластичность и ковкость. Это позволяет легко соединить мелкие детали друг с другом. В медицине, цинковые сплавы используются для изготовления медицинской мебели и приборов [2].

Сплавы, состоящие из цинка как преобладающего компонента (70-93%) с добавкой других металлов, чаще всего Cu, Al, Sn, Ni и др. нашли большое распространение, главным образом в отливке под давлением, благодаря хорошей способности к заполнению литейных форм, возможности получить отливку сложных очертаний с тонкими стенками, а также благодаря прекрасной способности к восприятию различных гальванических покрытий, например, никелем, хромом, кадмием и пр. К недостаткам цинковых сплавов относится их способность к коррозии в растворе щелочей, кислот и солей, а также то обстоятельство, что с течением времени в некоторых сплавах происходят превращения (явления старения), приводящие к некоторому изменению размеров, что нередко приводит к короблению отливки и появлению трещин [3-6].

Цинковый литейный сплав ЦАМ4-1 имеет хорошие механические свойства: предел прочности при растяжении составляет 300 МПа, а относительное удлинение при разрыве - 1 %. Температура плавления - 419,4°C. Сплав тягуч и устойчив к коррозии применяется для производства ответственных деталей. Все перечисленные характеристики позволили ЦАМ4-1 получить широкое применение в разного рода производства [7].

Сплав ЦАМ4-1 является литейным и в основном используется для производства отливок, получаемых литьём под давлением, реже – в кокиле и песчаные формы. Из этих сплавов можно получить очень точные по размерам со сложными очертаниями контуров отливки со стенкой толщиной порядка 0,6 мм.

Согласно ГОСТ 19424-97 содержание свинца в цинке марки ЦЗ достигает 2,0%, кадмия 0,2% и железа 0,1%. Металл такой марки, как известно, является не кондиционным, не находит потребителей и отсюда разработка состава новых сплавов на его основе является актуальной задачей. Содержание свинца в цинке и соответственно в сплаве по данным спектрального

анализа составляло 2,5 мас.%. В связи с этим новому сплаву нами присвоено аббревиатура как ЦАМСв4-1-2,5 (4%Al; 1%Cu; 2,5%Pb).

Цель настоящей работы состоит в исследовании влияния добавки галлия на теплофизические свойства и термодинамические функции цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5.

Теория метода и описание установки

Цинковый сплав ЦАМСв4-1-2,5 с галлием получали в шахтной лабораторной печи сопротивления типа СШОЛ (сопротивление шахтное опытное лабораторное) при температуре 650-700°C. Состав полученных сплавов, которые содержали 0,05-1,0 мас.% галлий контролировалось в также взвешиванием шихты и полученных сплавов. При отклонении веса сплавов более чем на 1-2% отн. синтез сплавов проводился заново. Из полученных таким образом расплавов в металлический кокиль отливались цилиндрические образцы диаметром 16 мм и длиной 30 мм для исследования теплоемкости.

Физические основы предлагаемого метода измерения состоят в следующем. Охлаждение образцов обусловлено тремя механизмами теплопередачи – теплопроводностью окружающей среды, конвекцией и излучением. Для первых двух процессов с хорошей точностью можно считать, что тепловой поток от нагретого тела (J) пропорционален разности между температурой поверхности образца T и температурой окружающей среды T_0 (закон Ньютона-Рихмана)

$$J = \alpha(T - T_0), \quad (1)$$

где α - коэффициент теплоотдачи.

Тепловой поток за счет излучения имеет качественно иную зависимость от температуры (закон Стефана – Больцмана)

$$J = \sigma \varepsilon S(T^4 - T_0^4), \quad (2)$$

где $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$, ε - коэффициент поглощения, S - площадь поверхности тела. Лишь при небольшой разности температур $T - T_0$ он приближенно сводится к виду (3)

$$J = 4\sigma \varepsilon S T_0^3 (T - T_0). \quad (3)$$

Если не учитывать излучение и считать, что теплоемкость и коэффициент теплопередачи постоянны, а окружающая среда бесконечна и однородна, то температура при охлаждении тела будет спадать по экспоненте. Действительно, уравнение теплового баланса

$$\delta Q = -J d\tau, \quad (4)$$

здесь имеет вид

$$c_P^0 m dT = -\alpha(T - T_0) d\tau, \quad (5)$$

где c_P^0 – удельная теплоемкость тела, m – его масса. Его решением является

$$T(t) = (T_1 - T_0)e^{-t/\tau} + T_0, \quad (6)$$

где T_1 – начальная температура, t - время охлаждения образцов, $\tau = mc_P^0 / \alpha \cdot S$ время тепловой релаксации в секундах.

Таким образом, если выполняются все указанные выше условия, то теплоемкость материала образца можно определить из измеренного по термограмме параметру релаксации τ . Однако, поскольку величина α не известна, измерения нужно вести параллельно с эталонным образцом с известной теплоемкостью и тех же размеров, чтобы условия охлаждения у них были идентичны. Если коэффициент α у них одинаков, то теплоемкость измеряемого материала c_x можно найти по формуле.

$$c_x^0 = c_3^0 \frac{m_3 \cdot \theta_3}{m_x \cdot \theta_x}, \quad (7)$$

Измерение теплоемкости проводилось на воздухе по методике описанным в работах [8-15] на установке, схема которой представлено на рисунке 1.

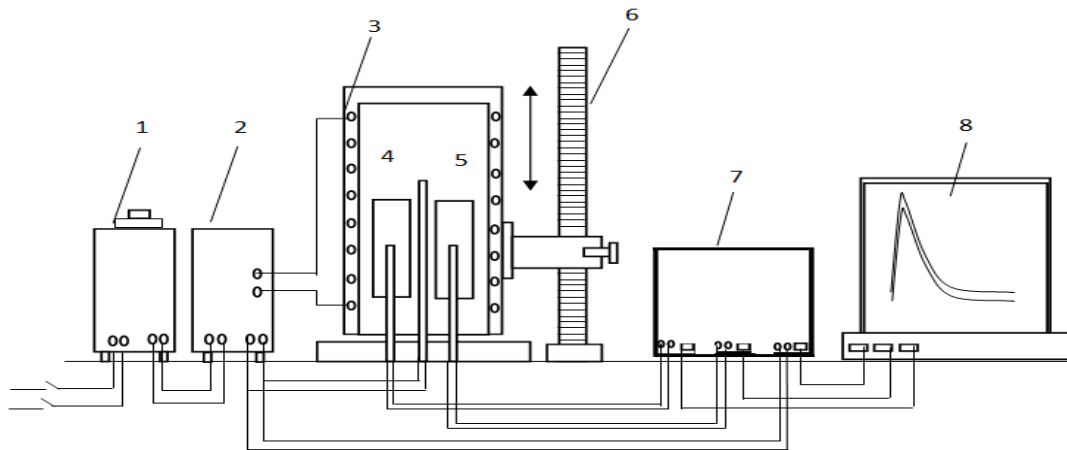


Рисунок 1. Установка для определения теплоемкости твердых тел в режиме «охлаждения».

Измерение теплоемкости проводилось на воздухе на установке, схема которой представлено на рисунке 1. Установка состоит из следующих узлов: электропечь 3 смонтирована на стойке 6, по которой она может перемещаться вверх и вниз (стрелкой показано направление перемещения). Образец 4 и эталон 5 (тоже могут перемещаться) представляют собой цилиндр длиной 30 мм и диаметром 16 мм с высверленными каналами с одного конца, в которые вставлены термопары 4 и 5. Концы термопар подведены к цифровому многоканальному термометру 7, который подсоединен к компьютеру 8. Включаем электропечь 3 через автотрансформатор 1, установив нужную температуру с помощью терморегулятора 2. По показаниям цифрового многоканального термометра 7 отмечаем значение начальной температуры. Вдвигаем измеряемый образец и эталон в электропечь и нагреваем до нужной температуры, контролируя температуру по показаниям цифрового многоканального термометра на компьютере. Далее измеряемый образец и эталон одновременно выдвигаем из электропечи. С этого момента фиксируем снижение температуры. Записываем показания цифрового термометра на компьютере через фиксированное время (10 с). Охлаждаем образец и эталон ниже 30°C

Теплоёмкость цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 с галлием измеряли в режиме «охлаждения». В качестве эталона нами была взята алюминий особой степени чистоты марки А5N (99,9995% Al). Обработка результатов измерений и построение графиков производилось с помощью программ MS Excel и Sigma Plot. Значения коэффициента корреляции составлял величину $R_{\text{корр}} = 0,952 \div 0,995$. Временной интервал фиксации температуры составлял 10 секунд. Относительная погрешность измерения температуры в интервале от 40°C до 400°C составляла $\pm 1\%$, а в интервале более 400°C $\pm 2,5\%$. Погрешность измерения теплоемкости по предлагаемой методике не превышает 4%.

Результаты и их обсуждение. Экспериментально полученные кривые охлаждения образцов из цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 с галлием представлены на рисунке 2а и описываются уравнением вида:

$$T = ae^{-b\tau} + pe^{-k\tau}, \quad (8)$$

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

Дифференцируя уравнение (8) по τ , получаем уравнение для определения скорости охлаждения образцов из сплавов

$$\frac{dT}{d\tau} = -abe^{-b\tau} - pke^{-k\tau}. \quad (9)$$

Из экспериментально полученных зависимостей температуры образцов от времени (рисунок 2а) и скорости охлаждения образцов из сплавов (рисунок 2б), которые описываются полиномами (8) и (9) определяли их коэффициенты, проведя компьютерную обработку.

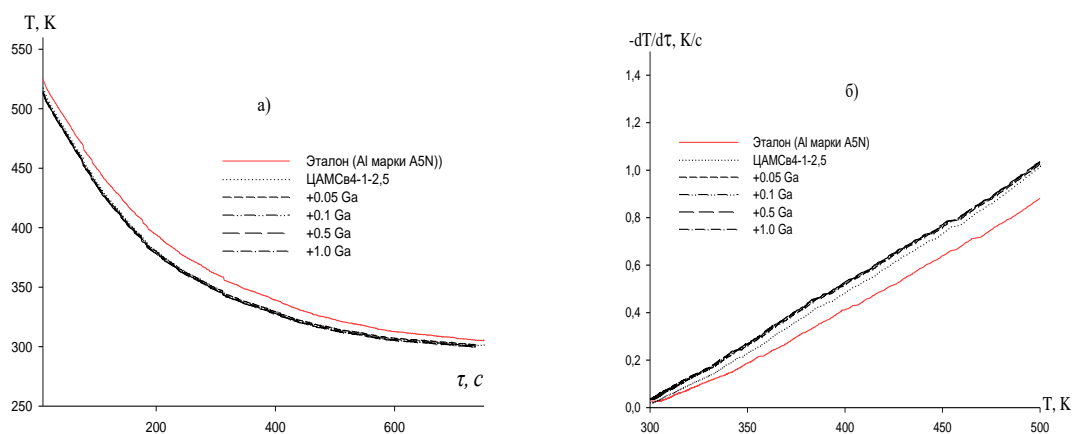


Рисунок 2. График зависимости температуры от времени охлаждения (а) и скорости охлаждения от температуры (б) образцов из цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 с галлием и эталона (Al марки А5N).

Значения коэффициентов α , b , p , k , ab , pk в уравнении (9) для исследованных сплавов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Значения коэффициентов в уравнении (9) для цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 с галлием и эталона (Al марки А5N)

Содержание галлия в сплаве, мас. %	α , K	b , 10^{-3} c^{-1}	p , K	$K \cdot 10^{-4}$, c^{-1}	ab , Kc^{-1}	$pk \cdot 10^{-3}$, Kc^{-1}
0,0	213,823	5,47	316,832	0,953	1,17	0,302
0,05	226,065	5,09	301,525	0,246	1,15	7,43
0,1	226,065	5,09	300,025	0,248	1,15	7,43
0,5	226,065	5,09	299,525	0,248	1,15	7,43
1,0	226,065	5,09	300,425	0,247	1,15	7,43
Эталон	206,294	5,14	331,057	1,466	1,06	0,485

Далее по рассчитанным значениям величин скоростей охладений образцов из сплавов по уравнению (7) была вычислена удельная теплоёмкость цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 с галлием. Результаты расчёта показывают, что температурная зависимость удельной теплоёмкости цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 с галлием и эталона (Al марки А5N), описываются уравнением вида

$$C_{p_0}^0 = \alpha + bT + cT^2 + dT^3 \quad (10)$$

Значение коэффициентов в полиноме (10) (таблица 2) получены обработкой результатов их расчёта по программе Sigma Plot.

Таблица 2

Значения коэффициентов a , b , c , d в уравнении (10) для образцов из сплава ЦАМСв4-1-2,5 с галлием и эталона (Al марки А5N)

Содержание галлия в сплаве, мас. %	a , Дж/(кг·K)	b , Дж/(кг·K ²)	$c \cdot 10^{-2}$, Дж/(кг·K ³)	$d \cdot 10^{-5}$, Дж/(кг·K ⁴)	Коэффициент корреляции R^2
0,0	-1684,386	13,450	-3,04	2,318	0,9944
0,05	-540,036	5,460	-1,24	0,956	0,9926
0,1	-524,118	5,355	-1,22	0,943	0,9959
0,5	-523,685	5,375	-1,23	0,948	0,9927
1,0	-526,808	5,385	-1,23	0,946	0,9660
Эталон	693,774	0,987	-0,122	0,088	1,0

Результаты расчёта температурной зависимости теплоемкости сплавов по формулам (7) и (10) через 50 К представлены на рисунке 3а и в таблице 3. Видно, что теплоемкость сплавов от температуры увеличивается, а от содержания галлия уменьшается.

Используя вычисленные данные по теплоемкости цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 с

галлием и экспериментально полученные величины скоростей охладений образцов, нами был рассчитан коэффициент теплоотдачи $\alpha(T)$ для сплавов и эталона (Al марки А5N) по следующей формуле:

$$\alpha = \frac{C_p^0 m \frac{dT}{d\tau}}{(T - T_0) \cdot S} \quad (11)$$

Для цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 с галлием температурная зависимость коэффициента теплоотдачи имеет вид (рисунок 3б). В исследованном температурном интервале добавки галлия уменьшает α .

Таблица 3
Температурная зависимость удельной теплоёмкости (Дж/(кг·К)) цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5, легированного галлием и эталона (Al марки А5N)

Содержание галлия в сплаве, мас. %	Т, К				
	300	350	400	450	500
0,0	240,92	293,70	316,29	326,07	340,46
0,05	240,08	261,85	271,80	277,12	284,96
0,1	239,02	259,98	269,44	274,49	282,18
0,5	238,07	257,73	265,71	269,14	275,11
1,0	235,42	254,85	262,44	265,29	270,50
Эталон	903,81	927,44	949,55	970,83	991,92

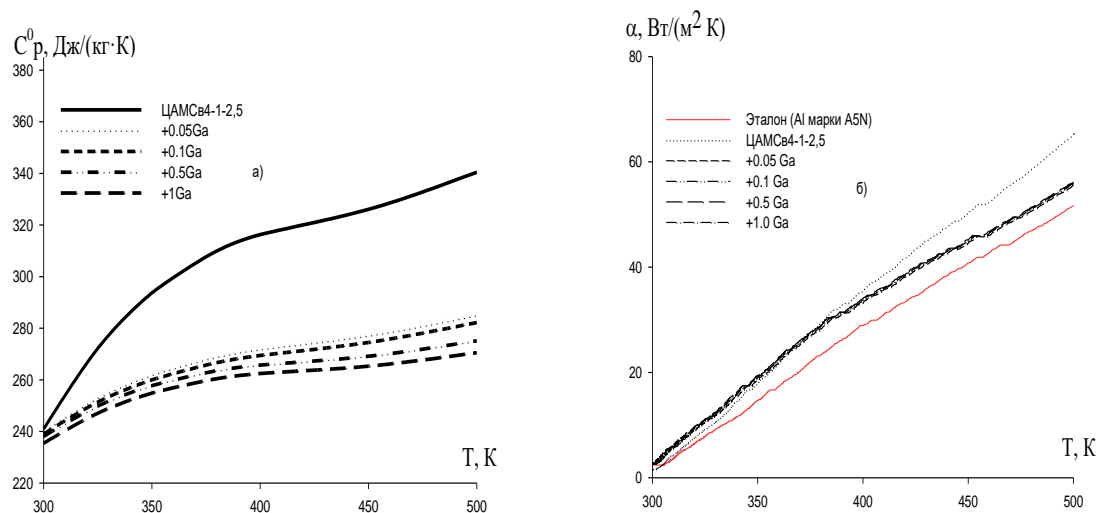


Рисунок 3. Температурная зависимость удельной теплоемкости (а) и коэффициента теплоотдачи (б) цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 с галлием и эталона (Al марки А5N).

Заключение. Таким образом, в режиме «охлаждения» по известной теплоёмкости эталонного образца из алюминия марки А5N установлена температурная зависимость теплоёмкости цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 с галлием. Получены полиномы, описывающие температурную зависимость теплоемкости цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 с галлием в интервале температур 300-500 К. С помощью полученных полиномиальных зависимостей показано, что с ростом температуры теплоёмкость увеличивается, а значения энергии Гиббса уменьшается. Добавка галлия в изученном концентрационном интервале (0,05-1,0 мас.%) снижает теплоёмкость энтальпию и энтропию цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5, а значение энергии Гиббса при этом увеличивается.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Kilingçeker G., Galip H. // Prot. Met. and Phys. Chem. Sur. – 2009. V. 45. – №2. – P. 232-240.
2. Muller C., Sarret M., Benballa M. // Electrochim. Acta. – 2001. – №46(18). – P. 2811-2817.
3. Томашов И.Д., Чернова Г.Л. Коррозия и коррозионностойкие сплавы. – М.: Металлургия, 1973. – 232 с.
4. Понамарева А.А., Пучков Б.И. Современное состояние промышленности по обработке цинка за рубежом – М.: Цветметинформация, 1977. – 51 с.

5. Слэндер С.Д., У.К. Бойд. Коррозионная стойкость цинка / пер. с англ. – под ред. Е.В. Проскуркина. – М.: Металлургия, 176. – 200 с.
6. Шиврин Г.Н. // Металлургия свинца и цинка. – М.: Металлургия, 1982. – 352 с.
7. Кечин, В.А., Е.Я. Люблинский. Цинковые сплавы. – М.: Металлургия, 1986. – 247 с.
8. Ganiev I.N., Mulloeva N.M., Nizomov Z., Obidov F.U. Temperature dependence of the specific heat and thermodynamic functions of alloys of the Pb-Ca system // High Temperature. – 2014. V. 52. – Iss. 1. – P. 138-140.
9. Муллоева Н.М., Ганиев И.Н., Эшов Б.Б., [и др.]. Теплофизические свойства и термодинамические функции сплавов системы Pb-Sr // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. Т. 6. – №6. – С. 38-42.
10. Иброхимов Н.Ф., Ганиев И.Н., Низомов З. [и др.]. Влияние церия на теплофизические свойства сплава АМг2 // Физика металлов и металловедение. – 2016. Т. 117. – №1. – С. 53-58.
11. Ганиев И.Н., Якубов У.Ш., Сангов М.М, Сафаров А.Г. Влияние кальция на температурную зависимость удельной теплоёмкости и изменение термодинамических функций алюминиевого сплава АЖ5К10 // Вестник Казанского технологического университета. – 2018. Т. 21. – №8. – С. 11-15.
12. Иброхимов С.Ж., Эшов Б.Б., Ганиев И.Н, Иброхимов Н.Ф. Влияние скандия на физико-химические свойства сплава АМг4 // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. Т.16. – №4. – С. 256-260.
13. Низомов З., Гулов Б.Н., Ганиев И.Н. [и др.]. Исследование температурной зависимости удельной теплоёмкости алюминия марок ОСЧ и А7 // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2011. Т. 54. – №1. – С. 53-59.
14. Ганиев И.Н., Отаджонов С.Э., Иброхимов Н.Ф., Махмудов М. Температурная зависимость теплоёмкости и изменений термодинамических функций сплава АК1М2, легированного стронцием // Известия вузов. Материалы электронной техники. – 2018. Т. 21. – №1. – С. 35-42.
15. Ганиев И.Н., Абдухоликова П.Н., Бердиев А.Э., Алихонова С.Дж., Сафаров А.М. // Влияние добавок индия на теплофизические свойства и термодинамические функции цинкового сплава ЦАМ4-1 / Металлы. – 2021. – №2. – С. 58-64 (Scopus).

ГАРМИҒУНҶОИШ ВА КОЭФФИЦИЕНТИ ИНТИҚОЛИ ГАРМИИ ХҶЛАИ РУҶ САМСВ4-1-2,5 БО ГАЛЛИЙ

Тавсеаи номенклатураи маҳсулоти руҳ ба ҳосиятҳои гармидиҳӣ ва гармидиҳии онҳо талаботи нав мегузорад. Дар мақола натиҷаҳои таҳқиқи таъсири иловаи галлий ба иқтидори гармӣ, коэффициентҳои гармидиҳӣ ва функсияҳои термодинамикии хӯлаи руҳ ЦАМСв4-1-2,5 оварда шудаанд. Таҳқиқот дар речаи хунуккунӣ дар фосилаи 300-500К гузаронида шудаанд. Ҳамчун эталон, алюминийи дараҷаи маҳсуси тозагии ТАМҒАИ А5N (99,9995% Al)-ро гирифта шуд. Коркарди натиҷаҳои ҷенкунӣ ва графикӣ бо истифода аз барномаҳои Ms Excel ва Sigma Plot анҷом дода шуд. Ҳатоии андозагирии иқтидори гармӣ аз рӯи усули пешниҳодшуда аз 4% зиёд нест. Нишон дода шуд, ки галлий гармидиҳӣ, коэффициентҳои гармидиҳӣ, энтальпия ва энтропияи хӯлаи ибтидоиро коҳиш медиҳад ва арзиши энергияи Гиббс дар ин ҳолат меафзояд. Аз ҳарорат афзудани ҳосиятҳои термофизикии хӯлаҳо ва функсияҳои термодинамикии онҳо, ба истиснои энергияи Гиббс, муайян карда шудааст.

КАЛИДВОЖАҲО: хӯлаи руҳ ЦАМСв4-1-2,5, галлий, речаи хунуккунӣ, гармидиҳанда.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ: Абдухоликова Парвина Носировна, номзади илмҳои техникӣ, муаллими калони кафедраи химия ва биологияи Донишгоҳи (славяни) Русия ва Тоҷикистон. Тел.: (+992) 918-23-37-53; e-mail: abdukholiqovap95@mail.ru

ТЕПЛОЁМКОСТЬ И КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛООТДАЧИ ЦИНКОВОГО СПЛАВА ЦАМСв4-1-2,5 С ГАЛЛИЕМ

Расширение номенклатуры цинковых изделий выдвигает новые требования к их тепловым и теплофизическим свойствам. В работе представлены результаты исследования влияния добавки галлия на теплоёмкость, коэффициент теплоотдачи и термодинамические функции цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5. Исследования проведены в режиме «охлаждения» в интервале 300-500 К. В качестве эталона нами была взята алюминия особой степени чистоты марки А5N (99,9995% Al). Обработка результатов измерений и построение графиков производилось с помощью программ MS Excel и Sigma Plot. Погрешность измерения теплоемкости по предлагаемой методике не превышает 4%. Показано, что галлий уменьшает теплоемкость, коэффициент теплоотдачи, энтальпию и энтропию исходного сплава, а значения энергии Гиббса при этом растёт. От температуры установлен рост теплофизических свойств сплавов и их термодинамических функций, за исключением энергии Гиббса.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: цинковый сплав ЦАМСв4-1-2,5, галлий, режим «охлаждения», теплоемкость, коэффициент теплоотдачи, термодинамические функции.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Абдухоликова Парвина Носировна, кандидат технических наук, ст. преподаватель кафедры химии и биологии Российско-Таджикского (славянского) университета. Тел.: (+992) 918-23-37-53; e-mail: abdukholiqovap95@mail.ru

HEAT CAPACITY AND HEAT TRANSFER COEFFICIENT OF ZINC ALLOY ZAMsv4-1-2,5 WITH GALLIUM

The expansion of the range of zinc products places new demands on their thermal and thermophysical properties. The paper presents the results of a study of the effect of gallium additives on the heat capacity, heat transfer coefficient and thermodynamic functions of zinc alloy ZAMsv4-1-2,5. The studies were conducted in the «cooling» mode in the range of 300-500 K. We used A5N grade of high purity aluminum (99,9995% Al) as a reference. The measurement results were processed and graphs were plotted using MS Excel and Sigma Plot programs. The error in measuring the heat capacity according to the proposed method does not exceed 4%. It is shown that gallium decreases the heat capacity, heat transfer coefficient, enthalpy, and entropy of the initial alloy, while the Gibbs energy increases. An increase in the thermophysical properties of alloys and their thermodynamic functions, with the exception of Gibbs energy, has been established as a function of temperature.

KEY WORDS: zinc alloy ZAMsv4-1-2,5, gallium, «cooling» mode, heat capacity.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR: Abdukholiqova Parvina Nosirovna, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Chemistry and Biology at Russian-Tajik (Slavic) University. Phone: (+992) 918-23-37-53; e-mail: abdukholiqovap95@mail.ru

УДК: 669.5: 669.715

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК СТРОНЦИЯ НА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦИНКОВОГО СПЛАВА ЦАМСВ4-1-2,5

Аминова Н.А.

Центр по исследованию инновационных технологий НАН Таджикистана

Введение

Цинковые сплавы в отличие от чистого нелегированного цинка характеризуются хорошими механическими и технологическими свойствами. Поэтому сплавы цинка нашли широкое промышленное применение в различных отраслях техники. Основным требованием к литейным цинковым сплавам, предназначенным для литья под давлением, в кокиль и песчаную форму является жесткое требование, т.е. ограничение по предельно допустимому содержанию, таких вредных примесей как свинец, железа, кадмий, олова. Данные примеси вызывают образование межкристаллитной коррозии в отливках [1-5].

В настоящее время сплавы цинка с алюминием и медью нашли широкое применение в связи с их высоким механическим свойствам. Тройные сплавы системы Zn-Al-Cu, как и двойные цинк-алюминиевые, подвержены естественному старению. От состава сплавов зависит факт старения, связанный с изменением литейных размеров и свойств отливок. В сплавах богатых алюминием эти процессы идут быстрее. В этом плане примеси свинца, олова и кадмия ускоряют изменения линейных размеров, из-за чего отливки коробятся или даже растрескиваются [6-7].

Имеются сведения о том, что для повышения коррозионной стойкости цинк легируется катодными элементами, типа свинец, медь, кадмий, содержание которых составляет, как правило, не более 1% [7].

Согласно ГОСТ 3640-94 содержание свинца в цинке марки ЦЗ достигает 2,0%, кадмия 0,2% и железа 0,1%. Металл такой марки, как известно, является не кондиционным, не находит потребителей и отсюда разработка состава новых сплавов на его основе является актуальной задачей. Содержание свинца в цинке и соответственно в полученных нами сплавах по данным спектрального анализа составляло 2,5 мас.%. В связи с этим новому сплаву нами присвоено аббревиатура как ЦАМСв4-1-2,5.

В литературе нами не выявлены сведения о влиянии добавок бария как легирующего компонента на свойства сплавов серии ЦАМ. Имеются сведения о влиянии добавки стронция на различные физико-химические свойства цинк-алюминиевых сплавов марок Zn5Al и Zn55Al [8, 9].

Сообщается о том, что добавка стронция до 0,3 мас.% способствуют уменьшению скорости коррозии сплавов Zn5Al и Zn55Al в два раза, в среде электролита NaCl. Имеются также сведения о влиянии добавок элементов подгруппы кальция на теплофизические свойства вышеуказанных сплавов [10-13].

Схема установки для измерения теплоёмкости

Существует много методов измерения теплоёмкости твердого тела. В данной работе используется метод сравнения кривых охлаждения эталонного и исследуемого образца. Измеряемый образец, нагретый до температуры, превышающей температуру окружающей среды, будет охлаждаться.

Скорость охлаждения зависит от теплоемкости материала образца. Сравнивая кривые охлаждения – термограммы (зависимости температуры от времени) двух образцов, один из которых служит эталоном с известной теплоемкостью, можно определить теплоемкость другого [14-18].

Теплоемкость материала образца можно определить из измеренного по термограмме параметру релаксации τ . Однако, поскольку величина α неизвестна, измерения нужно вести параллельно с эталонным образцом с известной теплоемкостью и тех же размеров, чтобы условия охлаждения у них были идентичны. Если коэффициент α у них одинаков, то теплоемкость измеряемого материала можно найти по формуле

$$C_x^0 = C_3^0 \frac{m_3 \tau_3}{m_x \tau_x} \quad (1)$$

где C_3^0 – теплоемкость эталонного материала; m_x, m_3 – массы эталона и исследуемого образца; τ_x, τ_3 – измеренное время тепловой релаксации для исследуемого образца и эталона, которые равны $\tau_3 = \left(\frac{dT}{dt} \right)_1$ и $\tau_x = \left(\frac{dT}{dt} \right)_2$.

Этот метод предполагает следующее:

- 1) постоянство c_x и c_3 , а также коэффициента α при изменении температуры;
- 2) охлаждение в бесконечной среде;
- 3) температуры образцов, при которых излучением можно пренебречь по сравнению с теплопроводностью и конвекцией [14-18].

Несоблюдение любого из данных условий нарушает экспоненциальный ход кривой охлаждения.

Разумеется, учет зависимости c_x и c_3 от температуры можно выполнить, разбив термограмму на узкие интервалы температур (в которых теплоемкости и коэффициент α можно считать постоянными) и найдя для каждого интервала свои параметры тепловой релаксации $\tau_x(T)$ и $\tau_3(T)$, которые и использовать для расчета $c_x(T)$ [14-18].

В данной работе определяются средние теплоемкости по всему измеряемому интервалу температур. Коэффициенты теплопередачи α для всех образцов предполагаются одинаковыми.

Для определения скорости охлаждения τ_3 и τ_x строят кривые охлаждения эталона и исследуемых образцов. Кривая охлаждения представляет собой зависимость температуры образца от времени при охлаждении его в неподвижном воздухе.

Измерение теплоемкости проводилось по методике приведённой в работах [19-23]. Схема установки для измерения теплоемкости сплавов представлена на рис. 1. Электродпечь 3 смонтирована на стойке 6, по которой она может перемещаться вверх и вниз (стрелкой показано направление перемещения). Образец 4 и эталон 5 (тоже могут перемещаться) представляют собой цилиндр длиной 30 мм и диаметром 16 мм с высверленными каналами с одного конца, в которые вставлены термопары. Концы термопар подведены к цифровому многоканальному термометру 7, который подсоединен к компьютеру 8.

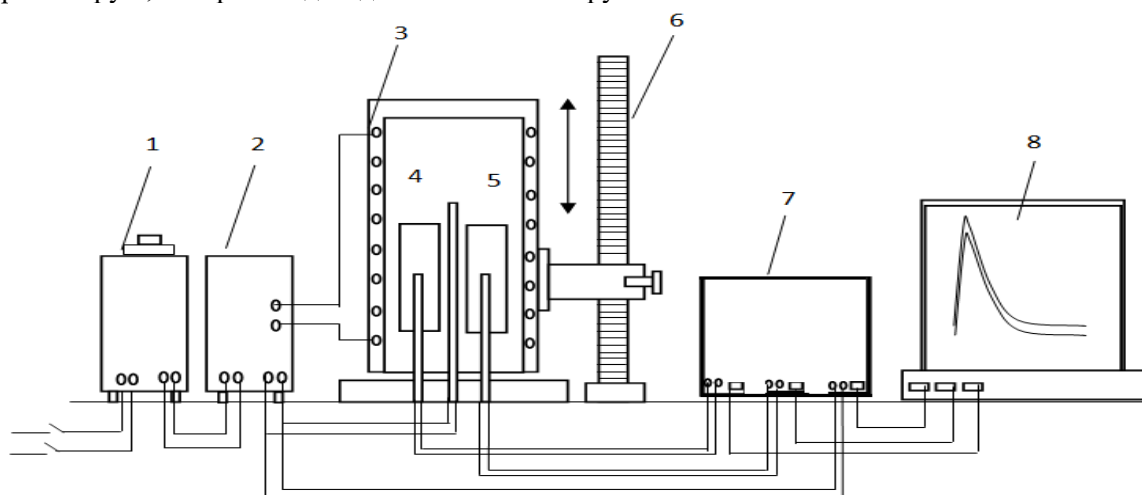


Рис. 1. Схема установки для определения теплоёмкости твёрдых тел в режиме «охлаждения»: 1-автотрансформатор; 2-терморегулятор; 3-электродпечь; 4-образец измеряемый; 5-эталон; 6-стойка электродпечи; 7-многоканальный цифровой термометр; 8-регистрирующий прибор (компьютер).

Включаем электропечь через автотрансформатор 1, установив нужную температуру с помощью терморегулятора 2. По показаниям цифрового многоканального термометра отмечаем значение начальной температуры. Вдвигаем измеряемый образец и эталон помещали в электропечь 3 и нагреваем до нужной температуры, контролируя температуру по показаниям цифрового многоканального термометра на компьютере 8. Далее измеряемый образец и эталон одновременно выдвигаем из электропечи. С этого момента фиксируем снижение температуры. Записываем показания цифрового термометра на компьютере через фиксированное время (10 с). Охлаждаем образец и эталон ниже 30°C.

Получение сплав

Сплавы для исследования были получены в шахтной печи электрического сопротивления СШОЛ в интервале температур 650-700°C из цинка марки Ц1 (ГОСТ 3640-94), алюминия марки А7 (ГОСТ 11069-2001), кальция металлического марки КМ1 (ТУ 95.768-80), стронция металлического марки СтМ1 (ТУ 48-4-173-72) и бария металлического марки БаМ1 (ТУ 48-4-465-85). Содержание ЦЗМ в сплавах составляло 0,05; 0,1; 0,5; 1,0 мас.%. Взвешивание шихты производилось на аналитических весах АРВ-200 с точностью $0,1 \cdot 10^{-6}$ кг. Шихтовка сплавов проводилась с учётом угара металлов.

Результаты и их обсуждение

Теплоемкость цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 со стронция измеряли в режиме «охлаждения». Обработка результатов измерений и построение графиков производилось с помощью программ MS Excel и Sigma Plot. Значения коэффициента корреляции составлял величину $R_{\text{корр}} > 0,994$ подтверждая правильность выбора аппроксимирующей функции. Временной интервал фиксации температуры составлял 10 с. Относительная погрешность измерения теплоёмкости в интервале 40-400°C составляла $\pm 1\%$. Погрешность измерения теплоемкости по предлагаемой методике не превышает 4%. Экспериментально полученные кривые охлаждения образцов из сплава ЦАМСв4-1-2,5 со стронцием представлены на рис. 2а.

Полученные зависимости температуры от времени охлаждения для образцов из сплавов (рис. 2а) описываются уравнением вида:

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

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

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

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

С учетом экспериментально полученных зависимостей температуры образцов от времени (рис. 2а) и скорости охлаждения образцов из сплавов (рис. 2б), которые описываются полиномами (2) и (3), определяли их коэффициенты, проведя компьютерную обработку.

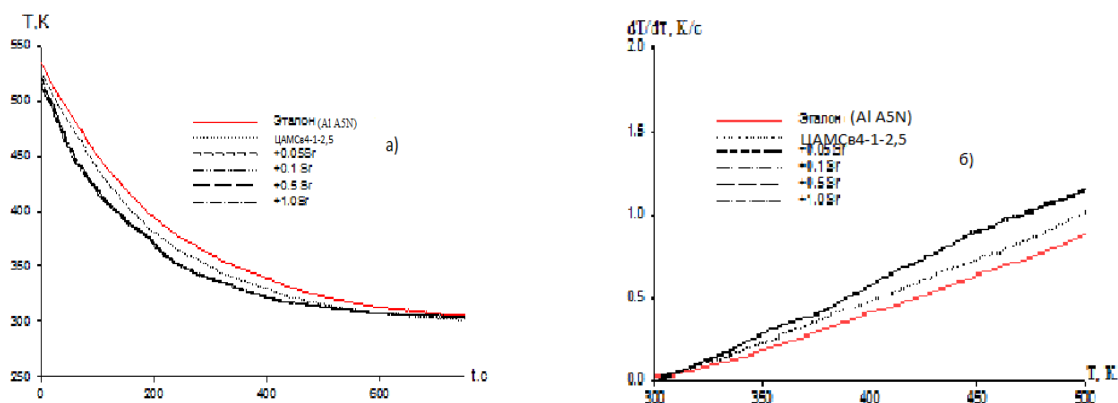


Рис. 2. График зависимости температуры образцов от времени (а) и скорости охлаждения от температуры (б) для цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 легированного стронцием.

Значения коэффициентов a, b, p, k, ab, pk в уравнении (3) для исследованных сплавов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения коэффициентов в уравнении (3) для цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 со стронцием и эталона (Al A5N)

Содержание стронция в сплаве, мас.%	a, K	$b, 10^{-3} c^{-1}$	P, K	$K \cdot 10^{-5}, c^{-1}$	ab, Kc^{-1}	$pk \cdot 10^3, Kc^{-1}$
0,0	213.,228	5,47	316.322	9,53	1,17	3,02
0,05	212,2906	6,2	305,5052	1,69	1,28	5,17
0, 1	213.,831	6,3	305,7716	1,80	1,29	5,50
0,5	208.,859	5,7	304,7055	1,37	1,25	4,18
1,0	207.,566	5,6	304,4184	1,26	1,24	3,82
Эталон	206.,941	5,4	331,0575	1,47	1,06	4,85

Далее по рассчитанным значениям величин скоростей охладений образцового сплавов по уравнению (1) была вычислена удельная теплоемкость цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 со стронцием. Результаты расчета показывают, что температурная зависимость удельной теплоемкости цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 со стронцием и эталона (Al марки A5N) описываются уравнением вида (4):

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

Значение коэффициентов в полиноме (4) (табл. 2) получены обработкой результатов измерений температурной зависимости теплоемкости сплавов, по программе Sigma Plot.

Результаты расчета температурной зависимости теплоемкости по формулам (5) и (8) через 25 К представлены в табл. 3 и на рис. 3.

Используя значения удельной теплоемкости цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 со стронцием и экспериментально полученные значения скорости охладений образцов вычислили коэффициент теплоотдачи цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 со стронцием по уравнению:

$$a = \frac{C_p^0 m \frac{dT}{d\tau}}{(T - T_0) \cdot S}, \quad (5)$$

где T и T_0 – температуры образца и окружающей среды, S, m - площадь поверхности и масса образца, соответственно. Температурная зависимость коэффициента теплоотдачи для цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 со стронцием представлена на рис. 3б.

Таблица 2

Значения коэффициентов a, b, c, d в уравнении (4) для цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 со стронцием и эталона (Al A5N)

Содержание стронция в сплаве, мас.%	$a, Дж/((кг \cdot K)$	$b, Дж/((кг \cdot K)^2)$	$c, Дж/((кг \cdot K^3)$	$d \cdot 10^{-5}, Дж/((кг \cdot K^4)$	Коэффициент корреляции $R^2, \%$
0,0	-1684,3857	13,4497	-0,0304	0,23181	0,9956
0,05	-2746,2311	20,2456	-0,0453	0,34285	0,9970
0,1	-2538,4203	18,6906	-0,0415	0,31229	0,9980
0,5	-3256,7418	24,1393	-0,055	0,42313	0,9949
1,0	-3413,6876	25,3334	-0,0581	0,44858	0,9959
Эталон	693,7738	0,9873	-0,0012167	0,87593	1,00

Таблица 3

Температурная зависимость удельной теплоёмкости (Дж/((кг · К)) цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 со стронцием и эталона (Al A5N)

Содержание стронция в сплаве, мас.%	T, K						
	300	325	350	375	400	450	500
0,0	240,92	272,17	293,70	307,68	316,29	326,07	340,46
0,05	176,54	226,23	261,09	284,34	299,20	316,62	339,07
0, 1	176,15	223,62	257,23	279,92	294,61	311,69	331,88
0,5	165,36	218,46	254,37	277,04	290,46	305,34	330,76
1,0	159,61	213,332	249,14	271,273	283,91	297,57	323,81
Эталон	903,81	915,85	927,43	938,64	949,55	970,83	991,923

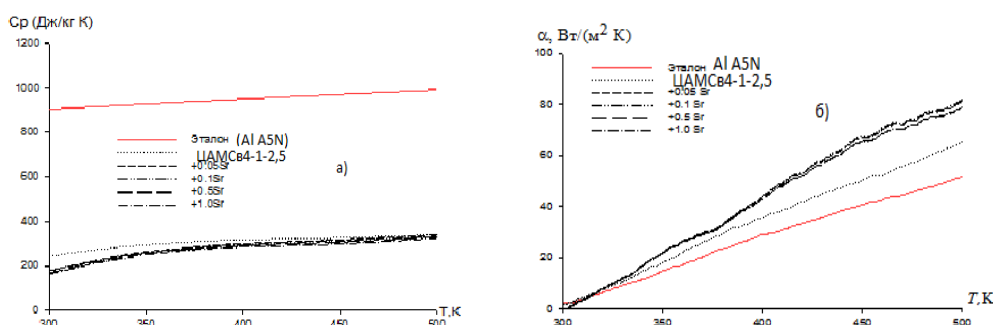


Рис. 3. Температурная зависимость удельной теплоемкости (а) и коэффициента теплоотдачи (б) цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 со стронцием и эталона (Al марки А5N).

Таблица 4

Температурная зависимость изменений термодинамических функций цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 со стронцием и эталона (Al А5N)

Содержание стронция в сплаве, мас. %	$[H^0(T) - H^0(T_0^*)]$, кДж/кг для сплавов						
	T, K						
	300	325	350	375	400	450	500
0,0	0,4432	6,8794	13,970	21,501	29,310	45,386	61,9945
0,05	0,3226	5,3916	11,510	18,349	25,658	41,086	57,4044
0,1	0,3221	5,3513	11,387	18,122	25,317	40,511	56,5394
0,5	0,3016	5,1393	11,081	17,747	24,856	39,774	55,5669
1,0	0,2909	4,9944	10,808	17,337	24,292	38,847	54,2600
Эталон	1,5845	22,992	44,348	65,586	86,638	127,90	167,556

Для расчета температурной зависимости изменений энтальпии, энтропии и энергии Гиббса по (6)-(8) были использованы интегралы от удельной теплоемкости по уравнению (4):

$$[H^0(T) - H^0(T_0)] = a(T - T_0) + \frac{b}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{c}{3}(T^3 - T_0^3) + \frac{d}{4}(T^4 - T_0^4); \quad (6)$$

$$[S^0(T) - S^0(T_0)] = a \ln \frac{T}{T_0} + b(T - T_0) + \frac{c}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{d}{3}(T^3 - T_0^3); \quad (7)$$

$$[G^0(T) - G^0(T_0)] = [H^0(T) - H^0(T_0)] - T[S^0(T) - S^0(T_0)], \quad (8)$$

где $T_0 = 298,15$.

Результаты расчета через 25 К представлены в табл. 4.

Выводы

В режиме «охлаждения» по известной теплоемкости эталонного образца из алюминия марки А5N установлена температурная зависимость теплоемкости цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 со стронцием. Получены полиномы, описывающие температурную зависимость теплоемкости и изменений термодинамических функций (энтальпия, энтропия, энергия Гиббса) сплава ЦАМСв4-1-2,5 со стронцием в интервале температур 300-500 К.

С помощью полученных полиномиальных зависимостей показано, что с ростом температуры теплоемкость, энтальпия и энтропия сплавов увеличиваются, а значения энергии Гиббса уменьшается. Добавка стронция в изученном концентрационном интервале (0,05...1 масс. %) снижает теплоемкость, энтальпию и энтропию исходного сплава ЦАМСв4-1-2,5 и увеличивает величину энергии Гиббса.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Kiliñçeker G., Galip H. Electrochemical Behaviour of Zinc in Chloride and Acetate Solutions // Prot. Met. and Phys. Chem. Sur. – 2009. V. 45. – № 2. – P. 232-240.
2. Muller C., Sarret M., Benballa M. Some Peculiarities in the Codeposition of Zinc–Nickel Alloys // Electrochim. Acta. – 2001. – № 46(18). – P. 2811-2817.
3. Rajappa S.K., Venkatesha T.V., Praveen B.M. Effect of an Organic Inhibitor on the Electrical Properties of High Carbon Steel in Simulated Acid Environment // Bull. Math. Science. – 2008. V. 31. – № 1. – P. 37-41.

4. Conceição A.M. Dutra, Eduardo N.C., Roberto Z.N. Electrochemical Behavior and Corrosion Study of Electrodeposits of Zn and Zn-Fe-Co on Steel // Math. Science. and Applic. – 2012. V. 3. – №6. – P. 348-354.
5. Алиев Дж.Н., Обидов З.Р., Ганиев И.Н. Цинк-алюминиевые защитные покрытия нового поколения. Физико-химические свойства цинк-алюминиевых сплавов с щелочноземельными металлами. – Германия: Изд. дом LAP LAMBERT Acad. Publ. – 2013. – 130 с.
6. Кечин В.А., Люблинский Я.М. Цинковые сплавы. – М.: Металлургия, 1986. – 247 с.
7. Труфанова А.И., Хлебникова С.А. Защита металлов от разрушений. – Тула: Приокск. кн. изд., 1981. – 88 с.
8. Ойбов З.Р., Ганиев И.Н. Анодные защитные цинк-алюминиевые покрытия с элементами II группы. – Германия: Изд. дом LAP LAMBERT Acad. Publ, 2012. – 288 с.
9. Низомов З., Саидов Р.Х., гулов Б.Н., Авезов З., Алиев Дж.Н. Исследование температурной зависимости теплоемкости сплавов Zn5Al и Zn55Al, легированных щелочноземельными металлами // Вестник ТТУ им. М.С. Осими. – 2010. – №3(11). – С. 10-14.
10. Низомов З. Саидов Р.Х. Шарипов Дж.Г., Авезов З. Теплофизические свойства цинк-алюминиевых сплавов, легированных ШЗМ и РЗМ // Вестник ТТУ им. М.С. Осими. – 2015. – №4(32). – С. 30-34.
11. Низомов З., Саидов Р.Х., Авезов З., Ширипов Дж.Г. Влияние магния на теплофизические свойства сплавов Zn5Al и Zn55Al // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2017. Т. 60. – №9. – С. 424-429.
12. Низомов З., Саидов Р.Х., Авезов З., Шарипов Дж.Г. Влияние кальция на теплофизические свойства сплавов Zn5Al и Zn55Al // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2017. – №4 (40). – С. 62-67.
13. Amīni R.N., Nizomov Z., Razazi M., Ganiev I.N., Obidov Z.R. Temperature Dependence of Thermodynamic Properties of Zn-5Al and Zn-55Al Alloys With Magnesium // Oriental Journal of Chemistry. – 2012. V. 28. – №2. – P. 841-846.
14. Киров С.А., Салецкий А.М., Харабадзе Д.Э. Изучение явлений переноса в воздухе. Описание задачи №219 общего физического практикума «Молекулярная физика» Физического факультета МГУ. – М.: МГУ, 2013. – 22 с.
15. Булкин П.С., Попова И.И. Общий физический практикум. Молекулярная физика. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – С. 52-60.
16. Матвеев А.Н. Молекулярная физика. 4-е издание. – М.: Бином, 2010. – С. 368.
17. Сивухин Д.В. Общий курс физики. В 5 томах. Том 2. Термодинамика и молекулярная физика. – М.: Физматлит, 2006. – 544 с.
18. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Молекулярная физика. – М.: Лань, 2008. – 480 с.
19. Ганиев И.Н., И. Юнусов В.В., . Исследование анодного поведения сплавов системы алюминий-скандий (иттрий, празеодим, неодим) в нейтральной среде // Журнал прикладной химии. – 1987. Т.60. – №9.– С. 2119-2123.
20. Ганиев И.Н. Ганиев., Шукроев М.Ш. . Потенциодинамическое исследование сплавов системы Al-Va // Изв. АН Тадж. ССР. Отд. -ние физ. –мат., хим. и геолог. наук. – 1987. – №1. – С. 94-96.
21. Ганиев И.Н., Семенова О.Н., Каримова Т.М.. Влияние иттрия на коррозионной-электрохимическое поведение цинк - алюминиевых сплавов. // Передовой опыт (ДСП). – 1988. – №12.
22. Джабборов Б.Б., Ганиев И.Н., Джураев Л.Т., Мухитдинов Х.М. Высокотемпературное окисление сплавов системы FI-Va-Si / Тез. Док. V Уральской конф. По высокотемпературной физической химии и электрохимии (Свердловск, 31 октября – 2 ноября). – 1989. – Т. 1: Расплавленные электроды. – С. 85.
23. Ганиев И.Н., Аминова Н.А., Бердиев А.Э., Алихонова С.Дж. Влияние добавок бария на теплофизические и термодинамические свойства цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 // Цветные металлы. – 2021. – №12. – С. 53-58.

ТАЪСИРИ ИЛОВАҶОИ СТРОНТСИУМ БА ХУСУСИЯТҶОИ ТЕРМОФИЗИКӢ ВА ТЕРМОДИНАМИИ ХУЛАИ РИИ TSAMSB4-1-2,5

Дар қор барои чен кардани иқтидори гармии хӯлаи руҳин ЦАМСв4-1-2,5 бо стронтсий усули хунуккунӣ истифода шудааст, ки ба қонуни хунуккунии Нютон Рихман асос ёфтааст. Иловаи стронтсий нишон дода шудааст, ки иқтидори гармӣ, энталпия ва энтропияи хӯлаи руҳро коҳиш медиҳад ва ҳарорат онҳоро зиёд мекунад. Дар айни замон, арзиши энергияи хӯлаҳои Гиббс меафзояд.

КАЛИДВОЖАҶО: хӯлаи руҳин ЦАМСв4-1-2,5, стронтсий, ҳолати хунуккунӣ, иқтидори гармӣ, коэффитсиенти гармидиҳӣ, энталпия, энтропия, энергияи Гиббс.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ: Аминова Нигора Аминовна, номзади илмҳои техникӣ, мудири лабораторияи материалшиносии Маркази таҳқиқоти технологияҳои инноватсионии Тоҷикистон. E-mail: nigora.avinova.92@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК СТРОНЦИЯ НА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦИНКОВОГО СПЛАВА ЦАМСВ4-1-2,5

В работе для измерения теплоёмкости цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 со стронцием использован метод «охлаждения», основанный на законе охлаждения Ньютона-Рихмана. Показано, что добавка стронция уменьшает теплоемкость, энтальпию и энтропию цинкового сплава, а температура их увеличивает. При этом значение энергии Гиббса сплавов растёт.

КЛЮЧЕВЫЕ СПЛАВА: цинковый сплав ЦАМСв4-1-2,5, стронций, режим «охлаждения», теплоемкость, коэффициент теплоотдачи, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Аминова Нигора Аминовна, кандидат технических наук, заведующая лабораторией материаловедения Центра по исследованию инновационных технологий Таджикистана. E-mail: nigora.avinova.92@mail.ru

EFFECT OF STRONTIUM ADDITIVES ON THERMOPHYSICAL AND THERMODYNAMIC PROPERTIES OF ZINC ALLOY TSAMSB4-1-2.5

To measure the heat capacity of a zinc alloy ZAMSv4-1-2,5 with strontium, the «cooling» method based on the Newton-Richman cooling law was used. It is shown that the addition of strontium reduces the heat capacity, enthalpy, and entropy of the zinc alloy, and increases their temperature. At the same time, the Gibbs energy of alloys is increasing.

KEY WORDS: Zinc alloy ZAMSv4-1-2,5, strontium, «cooling» mode, heat capacity, heat transfer coefficient, enthalpy, entropy, Gibbs energy.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR: Aminova Nigora Aminovna, Candidate of Technical Sciences, Head of the Materials Science Laboratory of the Center for Research of Innovative Technologies of Tajikistan. E-mail: nigora.avinova.92@mail.ru

УДК: 622.001.57:553(575.3)

ГУНОГУНИИ МОРФОЛОГИЮ БИОЛОГИИ ОБСАБЗҶО ВА ФАРЗИЯҶОИ ПАЙДОИШИ РАСТАНИҶОИ ОЛӢ

Хидирзода М.С., Маҳмадзамонзода И., Хусейнова Ш.Т.
Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав

Дар ҳаёти ҳаррӯза истифодаи мафҳуми «обсабз» на барои ҳамаи растаниҳое, ки дар об сукунат доранд, истифода мешавад, ки ин нодуруст мебошад. Дар асл обсабзҳо гурӯҳи калони растаниҳои дараҷаи пасти хлорофилдор аст, ки танаи онҳо аз ҷудошавии узвҳои нашвӣ аз ҷумла: реша, поя, барг истисно мебошанд. Аксарияти обсабзҳо дар муҳити обҳои гуногун: обҳои баҳру уқёнусҳо, дарёҳо, обанборҳо, ҳавзаҳо сукунат дошта, ҳатто дар хокҳои сернам ва пӯстлохи дарахтон низ вомехӯранд.

Пайдоиши растаниҳои олиро ба обсабзҳо нисбат медиҳанд, ки танҳо бо роҳи таҳлили морфологию биологии гурӯҳҳои махсуси обсабзҳо, ки аз онҳо пайдоиши нахустин растаниҳои олиро нисбат медиҳанд, мавриди омӯзиш қарор додан мумкин аст. Бинобар ин, тахмин меравад, ки пайдоиши растаниҳои олӣ на ин ки аз обсабзҳои қадима, балки аз организмҳои қадимаи фавтида, ки пайдоиши онҳо дар шакли ҳозира нишон дода шудааст, мебошад [3].

Дар байни обсабзҳо ва растаниҳои олӣ ҳам организмҳои гаплоидӣ ва ҳам диплоидӣ мавҷуданд, ки дар марҳалаҳои гуногуни давраи ҳаёти онҳо ҳамавақт бо ивазшавии фазаҳои ядрой ба амал омада, ба гуногунии фардҳо мувофиқат менамояд. Яъне, гаплоидҳо – гаметафитҳо ва диплоидҳо – спорофитҳо мебошанд. Гаметафит ин ҳуҷайраҳои чинсии гаплоидие, ки аз онҳо гаметаҳо ва хангоми омезиш диплоидҳо пайдо шуда, чинии ҳуҷайраи ибтидоии спорофит ба вучуд меояд. Дар дохили яке аз онҳо гаметаи мардона ва дигаре гаметаи занона ҷой доранд, ки давраи ҳаёти фардии онҳо баъд аз раванди чинсӣ оғоз меёбад [1].

Ба гуногунии морфологӣ дучор шудани гамета дар обсабзҳо дар 3 шакли асосии равандҳои чинсӣ: изогамӣ, гетерогамӣ ва оогамӣ муайян карда мешавад. Дар ду раванди аввал гаметаҳо ҳаракатнок буда, вале дар раванди гетерогамӣ гаметаи калони камҳаракати занона ва гаметаи хурди серҳаракати мардона иштирок мекунанд. Раванди чинсии оогамӣ бо иштироки гаметаҳои калони беҳаракати занона – тухмҳуҷайра ва гаметаҳои хурди серҳаракати мардона – сперматозоид ба амал меоянд. Гаметангияҳое, ки дар тухмҳуҷайра ба вучуд меояд – оогония ва дар сперматозоидҳо – антеридия (аз юнонӣ *antheros* – шукуфон) меноманд. Раванди чинсӣ ё дар дохили оогония ё тухмҳуҷайраи пухтарасидаи аз оогония баромада, ки гаметаҳо дар об омезиш меёбанд, ба амал меоянд. Гаметангияи занона дар ҳамаи растаниҳои олӣ – архегония (аз юнонӣ *arche* – ибтидо ва *gone* – тавлид) ва мардона – *антеридия* номида мешаванд. Раванди чинсӣ ҳама вақт дар дохили архегония ба амал меояд, ки барои шароити ҳаёт дар хушкӣ аҳамияти калон доранд [2].

Ҳамин тавр, растаниҳои олӣ аз обсабзҳои қадима мерос гирифта, давраи ҳаётии гетероморфӣ ва бордоршавии дохилиро мегузаронанд.

Дар ҳалли проблемаҳои пайдоиши растаниҳои олӣ флораи рӯизаминӣ ва растаниҳо мавҷуд аст, ки ҷавоби 3 савол талаб карда мешавад.

1. Растаниҳои олии пешина чӣ гуна будаанд?
2. Растаниҳои олӣ кай дар сайёраи мо пайдо шудааст?
3. Кадом шароит боиси афзоиши флораи рӯизаминӣ гардидааст?

Фарзияи яқум эҳтимолияти гузариши обсабзҳо ба растаниҳои олӣ мебошад, ки дар охири асри XIX баён шудааст (Ф. Боуэр, Ф. Фрич, Р.Веттштейн) [4]. Таваҷҷуҳи муҳаққон ба тариқи зайл мебошад:

- қатъи назар ба тағйирёбии фазаҳои ядрой, ки тартиби зухуроти диплоидӣ, фардҳои ғайричинсӣ – спорофитҳо ва гаплоидҳо, фардҳои чинсӣ – гаметофитҳо ифода шудааст;

- тамоюлҳои бештар ба устувории афзоиши спорофитҳо нисбат ба гаметофитҳо дар ҳамаи растаниҳои олӣ бо истисноии моҳҳо;

- хусусан дар аксари растаниҳои олӣ, ғайр аз растаниҳои гулдор махсусияти узвҳои чинсии бисёрҳуҷайрагӣ – антеридияҳо ва архегонияҳо, ки ба ин растаниҳо гузоштани номи архегониалӣ (растаниҳои аввалин) имконпазир гардидааст [4].

Ба вучуд омадани спорофитҳо натиҷаи муҳимми биологӣ мебошад.

1. Бо васеъшавии адади мейозҳо дар хучайраи бисёрхучайрагӣ спорангияҳо пайдо шуда, имконияти зиёдшавии адади комбинатсияи генҳо ба амал меояд, ки асоси тағйирпазирии намудҳои таркиб додаст.

2. Зиёдшавии адади спорохосилкунии спорофитҳо ба мутобикати паҳншавӣ ва афзоиши растаниҳо имконпазир мегардад. Яъне, зиёдшавии гаметофитҳо ба спороҳо вобаста аст ва дар шароити мусоид равандҳои ҷинсӣ ба амал омада, дар натиҷа спорофитҳо афзоиш меёбанд.

Қайд кардан чоиз аст, ки аксари растаниҳои олии гаметофитҳо дар марҳалаи аввали афзоиш ба сохти ришта монанд мебошанд ва эҳтимолияти растаниҳои олии қадимаро обсабзҳои сабзи риштамонанд ҳисобидан мумкин аст, ки онҳо дар муҳити обҳои кам ё қўлҳо сукунат доштаанд ё ин ки мувофиқи қоида дар гузариши эволютсия ба хушкӣ баромадан на танҳо ба тағйирёбии мураккаби морфологӣ, балки давраи афзоиши гетероморфӣ пайдо шудааст [2].

Пайдоиши растаниҳои рӯизаминӣ бо мурури вақт ба рушди метаболизи пайвастаҳои фенолӣ аз ҷумла флавоноидҳо, антосианҳо ва ғайраҳо мувофиқат кардааст. Онҳо равандҳои рушдбиро идора карда, дар бавучудоварии реаксияҳои ҳифзшаванда иштирок менамоянд, аз ҷумла омилҳои мутагенӣ, ҷунҷунҷи нурҳои ултрабунафш, ионнокшавии радиатсия ва аксари моддаҳои химиявӣ нақши асосӣ дорад [3].

Дар давраи муосир фарзияи пайдоиш ва паҳншавии растаниҳои олий аз обсабзҳо ба даст оварда шудааст. Инкишофёбии қабатҳои байнихучайрагии обсабзҳо дар марҳалаи хотимавии митоз ба растаниҳои олий наздик мебошад. Дар аксари обсабзҳо хучайраҳои паҳлуи қабатҳои ба ҳалқаи диафрагмамонанд ҳосил мекунанд, ки дар марказ чафс шуда инкишоф ёфтаанд. Дар растаниҳои олий ва обсабзҳои ҳозира ба вучуд омадани қабатҳои пектини байнихучайрагӣ дар системаи *фрагмопласт* – микронайчаҳо дар ҳамвории экватории дуки митозӣ иштирок менамоянд. Қабатҳои байнихучайрагӣ дар марказ афзоиш карда, шакли ситокинезии фрагмопластҳо ба аксари намоёнҳои синфи улотриксҳо хос мебошад.

Доир ба пайдоиши растаниҳои олий дигар фарзияҳо низ мавҷуданд. Мувофиқи яке аз фарзияҳо растаниҳои олии пешина эҳтимолияти ба ягон гурӯҳи дорои аломатҳои обсабзҳои кабуду сабздошта мансубанд.

Ҳамаи ин фарзияҳо, албатта диққатҷалбкунанда буда, имрӯз танҳо фарзияҳо боқӣ мондааст. Ба саволҳои оид ба муваққатан ва шароитҳои пайдоиши растаниҳои олий дар рӯи Замин то андозае ҷавоби саҳеҳ додан мумкин аст.

АДАБИЁТ:

1. Александров В.Г. Анатомия растений 4-е изд. – М.: Высшая школа, 1966. – 431 с.
2. Васильев А. Е. и др. Анатомия и морфология растений. 2-е изд. – М.: Просвещение, 1988. – 480 с.
3. Василевская В. К., Баранов М. Я., Борисовская Г. М. Основные направления эволюции вегетативных органов высших растений // Эволюция функций в растительном мире. Тр. биол. НИИ ЛГУ. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1985. Вып. 36. – С. 142-161.
4. Лотова Л.И. Морфология и анатомия высших растений: Учебник. Изд. 3-е, испр. – М.: КомКнига, 2007. – 512 с.

ГУНОГУНИИ МОРФОЛОГИЮ БИОЛОГИИ ОБСАБЗҲО ВА ФАРЗИЯҲОИ ПАЙДОИШИ РАСТАНИҲОИ ОЛИЙ

Дар мақола гуногунии морфологию биологии обсабзҳо ва фарзияҳои пайдоиши растаниҳои олий таҳқиқ карда шудааст. Дар баробари ин, таҳлилҳои морфологию биологии равандҳои ҷинсии пайдоиши растаниҳои спорофитӣ тавсиф шудааст.

КАЛИДВОЖАҲО: гаплоид, диплоид, гаметофит, спорофит, изогамӣ, гетерогамӣ, оогамӣ.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН: Хидирзода Муродали Саид номзади илмҳои техникӣ, дотсенти кафедраи биологияи умумии Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав.

Изатуллои Маҳмадзамонзода, магистранти курси дуҷуми ихтисоси биологияи Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав.

Хусейнова Шарифамоҳ Тағаймуродовна, магистранти курси дуҷуми ихтисоси биологияи Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав.

МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ И БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ОВОЩЕЙ И ГИПОТЕЗЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ

В статье изучено морфологическое и биологическое разнообразие водных растений, а также гипотезы происхождения высших растений. Наряду с этим описан морфологический и биологический анализ половых процессов возникновения спорофитных растений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: гаплоид, диплоид, гаметофит, спорофит, изогамия, гетерогамия, оогамия.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Хидирзода Муродали Саид, кандидат технических наук, доцент кафедры общей биологии Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава.

Изатулло Махмадзамонзода, студент второго курса магистратуры биологического факультета Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава.

Гусейнова Шарифамох Тагаймуродовна, студентка второго курса магистратуры биологического факультета Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава.

MORPHOLOGICAL AND BIOLOGICAL DIVERSITY OF VEGETABLES AND HYPOTHESES OF THE ORIGIN OF HIGHER PLANTS

The article studies the morphological and biological diversity of aquatic plants, as well as hypotheses of the origin of higher plants. Along with this, a morphological and biological analysis of the sexual processes of the emergence of sporophytic plants is described.

KEY WORDS: haploid, diploid, gametophyte, sporophyte, isogamy, heterogamy, oogamy.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS: Khidirzoda Murodali Said, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of General Biology at Bokhtar State University named after Nosiri Khusrav.

Izatulloi Mahmazamonzoda, Second-year master's student in biology at Bokhtar State University named after Nosiri Khusrav.

Huseynova Sharifamoh Tagaymurodovna, Second-year master's student in biology at Bokhtar State University named after Nosiri Khusrav.

СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

Исмадова Ш.Ш.

Таджикский государственный педагогический университет имени С. Айни

Одним из важнейших вопросов, связанно с состоянием природных ресурсов для использования в горнодобывающей промышленности Республики Таджикистан является проблема их природно-ресурсного районирования.

Но стоит отметить что, у природно-ресурсного районирования есть некоторые особенности, которые ставят перед собой цель достижения социально-экономического эффекта от соединении природных ресурсов или эффекта качества природных фондов.

Исследователи, такие как С.Н. Соколов и Н.Н. Колосовский подошли к проблеме природно-ресурсного районирования территории на основе определенного сочетания природных ресурсов и условий производства, и на основе комплексности использования этих ресурсов через создание завершенных энергетических-производственных циклов.

Исходя из выше перечисленного, под природно-ресурсным районом понимают целостную территорию с качественно своеобразным, внутреннее однородным сочетанием определенных природных ресурсов, которые создают предпосылки для формирования экономических районов соответствующий профилю и ранга. При этом, природно-ресурсные районы должны опираться на существующие в нем природные условия [1, с. 24-27].

Таким образом, речь идет о природно-ресурсном потенциале, который может способствовать экономическому развитию района и территориальной организации промышленности в его пределах. Это создает связь между понятиями природно-ресурсного потенциала территории и территориальной организации промышленности. В свою очередь, в экономическом плане этот процесс помещен в пределах административного деления территории, которые непосредственно влияют на характер экономических связей в направлении «центр-периферия» или «зона-район-промышленного центра узла» и т.д. Поскольку именно административная подразделения зачастую предоставляет предприятию, занимающейся разработкой ресурсов на ее территории, рабочую силу, включая ее социальное обслуживание (жилье, больницы, школы для детей работников и т.д.), элементы снабжения предприятия (вода, электричество), логистику и коммуникации и т.д.

Однако, в данной теме рассматриваем дуалистическую природу районирования ресурсов горнорудной промышленности. С одной стороны, как отметили, административная характеристика, особенно место нахождения непосредственной разработки, с логистикой и другими мерами обеспечения, может быть привязано к определенному административному району страны. С другой стороны, область (пласт) залегания полезных ископаемых (бассейн) может выходить далеко за пределами только одного административного подразделения. Но в данном случае имеются возможности разработки одного и того же (с геологической точки

зрения) месторождения, пласта, бассейна, со стороны соседних административных подразделений. При этом хозяйствующие субъекты, занимающиеся разработкой данного пласта, могут быть разными.

Но и при геологическом подходе вопросы районирования могут иметь ряд проблем. Ведь различные полезные ископаемые могут не совпадать с областями залегания.

В природно-ресурсном и экономическом плане существует несколько позиций к районированию Республики Таджикистан.

К примеру, в государственной экологической Программе Республики Таджикистан на 2009-2019 годы, которая, в том числе, определяет основные направления поддержания баланса между организациями и координациями отношений, между природными богатствами и их пользователями, между пользователями природных богатств и самой природы, а также рационального использования природных богатств, территорию республики подразделяют на четыре провинции: Центрально-Таджикистанскую, Согдийско-Зеравшанскую, Юго-Таджикистанскую и Горно-Бадахшанскую, которые, в свою очередь, разделяются на отдельные регионы.

Однако, автор утверждает, что данное разделение происходит на основе ботанико-географических условий, такие как: неровности поверхности земли, геологическое строение, состав флоры и фауны и особенностями экологической состояний. Тут не учитываются вопросы логистики и административного управления территорией. Но принцип районирования республики на четыре зоны является близким к нашей концепции.

В ряде подходов по топонимии республики для более эффективного изучения имеющихся на ее территории полезных ископаемых в качестве основы используется геолого-географическое районирование. В пределах данного подхода территория страны подразделяется на пять регионов:

- Северный Таджикистан (Карамазар).
- Северо-Восточный Таджикистан.
- Центральный Таджикистан.
- Южно-Западный Таджикистан (Южно-Таджикская депрессия).
- Южно-Восточный Таджикистан (Северный и Южный Памир) [3, с. 90].

Как уже отмечалось выше, данный тип районирования является оптимальным с точки зрения геологии, однако, не полностью подходит для целей и задач настоящего исследования.

Также национальными исследователями, такими как А. Джураев, И.Д. Муродов, С.Ш. Валиев и Х. Хакбердиев было предложено еще один подход к эколого-географическому районированию страны. В результате, используя физико-географические особенности и хозяйственную специализацию регионов Республики Таджикистана, а также опираясь на семь признаков, изложенных И.Д. Манделем в определении основ кластерного анализа, учёные выделяют на территории республики восемь природно-экономических зон и 24 природно-хозяйственных регионов. В качестве основных восьми природно-экономических зон называются: Северная, Зеравшанская, Гиссарская, Вахшская, Кулябская, Раштская, Западно-Памирская и Восточно-Памирская.

Однако, исследователи подчеркивают, что данное деление проводилось с учетом горных условий, основополагающими целями для данного районирования явилась территориальная организация сельского хозяйства в республике [4, с. 8-16]. Поэтому, несмотря на хорошо разработанную систему районирования, она совсем не подходит для целей настоящего исследования.

Результатами ряда Таджикско-Памирских экспедиций в 1933-1937 годов по проведению геологоразведочных работ и пробной добычи полезных ископаемых на территории республики, стало определением пяти специализированных регионов, перспективных для промышленного освоения и развития.

На этой основе было проведено промышленное районирование территории республики. Среди вышеупомянутых регионов выделялись: Северный Таджикистан, Пенджикентский (Зеравшанский) регион, Сталинабадский регион, Дарвазский регион и Памирский регион [5, с. 178].

Исходя из вышеизложенного, в текущем исследовании будем подходить к описанию и рассмотрению природных ресурсов для использования в горнорудной промышленности в Республике Таджикистан с двух точек зрения: *ресурсно-типологической* (по видам ископаемых

природных ресурсов) и *административно-хозяйственного районирования*, т.е. районирования территории Республики Таджикистана, исходя из административно-территориального деления.

Таким образом, выделяем четыре основные провинции на территории Республики Таджикистан, обладающие природными ресурсами с возможным развитием отрасли горнорудной промышленности:

1. Северная провинция (Согдийская область);
2. Центральная провинция (Регионы республиканского подчинения);
3. Южная провинция (Хатлонская область);
4. Восточная (Памирская) провинция.

Ресурсно-типологический подход мы планируем применить в тех разделах настоящего исследования, которые будут посвящены непосредственно размещению предприятий горнорудной промышленности. В нашем исследовании, к вопросам обладания природными ресурсами, имеющимся на территории Республики Таджикистана, более подходящим является бассейновый подход в районировании.

Еще в ходе ряда Таджикско-Памирских экспедиций 1933-1937 годов исследователями были выявлены широкие запасы рудных полезных ископаемых.

В Хатлонской области (или как он был обозначен «Северный Таджикистан») были определены залежи полиметаллических и редко элементных полезных ископаемых, а также железные руды, соли натрия и магния в регионе Кара-Мазара, угольная и нефтяная база в Шурабаде. В относящемся к той же области на территории региона Пенджикента были обнаружены Киштут - Зауранские угольные площади и полиметаллические ископаемые.

В 30-е годы XX века на центральных регионах Таджикистана, ранее относящихся к Сталинабадскому региону были найдены мышьяк и фосфориты, (в регионе Гиссарского хребта), вяжущие материалы и соли. Их запасы измерялись объемами в миллиардах тонн. В тот же период на территории Дарвазского региона были разведаны золотоносные конгломераты, тяготеющие как к Южному Таджикистану (регион Куляба), так и к Памирскому региону (региону Калаи Хумба). В тех же регионах были обнаружены парфирированные и медные руды. Памирская область казалась богатым драгоценными камнями и редкими металлами, коренным и россыпным золотом, монацитом, цирконом. Также были подозрения на наличие молибдена [5, с. 178].

Уголь. Согласно имеющими последними геологическими данным, на территории нашей республики расположены более 40 месторождений и проявлений угля. А твердое ископаемое топливо представлены всеми основными своими видами: бурый углем, каменным коксующимся и антрацитом. Суммарные запасы этих месторождений и проявлений оцениваются как более чем 4,3 млрд. т. При этом на бурые угли приходится 144,5 млн. тонн; каменные угли – 2292,7 млн. тонн; коксующиеся угли 904,9 млн. тонн; антрацит 254,8 млн. тонн. При этом следует отметить, что основные разрабатываемые залежи угля на территории республики находятся в регионе бассейна реки Зеравшан, где обнаружены месторождения антрацита и битуминозного угля. Однако источники подчеркивают, что угленосность республики изучена неравномерно и в целом недостаточно [6, с. 17].

Лидер нации, Президент Республики Таджикистан Эмомали Рахмон в своих выступлениях отмечал что Таджикистан по состоянию начала 2000-х годов располагал около 5 млрд. т. потенциальных угольных ресурсов. Из них только 320,3 млрд. т. составляли промышленные запасы.

Согласно предположениям специалистов, калорийность углей варьируется в пределах 6500-9100 ккал/кг. Калорийность угля самого крупного бассейна Республики Таджикистан – Фан-Ягноба была определена на уровне 9736–8483 ккал/кг.

Уголь черного цвета месторождения Шураба имеет калорийность в 4000 ккал/кг. Уголь из месторождения Назарайлок обладает калорийностью на уровне 7282–9100 ккал/кг, его зольность составляет не более 2% [9, с. 6].

По геологическим данным, угольные месторождения Таджикистана сосредоточены в двух угольных бассейнах - Таджикском (Гиссаро-Дарвазском) и Ферганском.

Таджикский угольный бассейн охватывает подавляющее большинство месторождений и проявлений, находящихся в регионах Центрального и Южного Таджикистана. Месторождения и проявления Северного Таджикистана относят к Южно-Ферганскому угольному бассейну.

С точки зрения бассейно-геологического районирования территория республики делится на четыре региона формирования угленосной толщи, каждый из которых обладает своими характерными признаками (рис. 1).



Рисунок 1. Регионы формирования угленосной толщи.

К означенным регионам относятся:

1. Памиро-Дарвазский;
2. Южно-Ферганский;
3. Зеравшано-Гиссарский;
4. Южно-Гиссарский [7, с. 245].

Как подчеркивали специалисты, по состоянию на 2016 года, из 40 известных в республике угленосных месторождений и проявлений, детально были изучены лишь запасы Южно-Ферганского угленосного региона и месторождение Фан-Ягноб.

В большинстве случаев на месторождениях была проведена предварительная разведка и выполнены ревизионные работы. До 2010 года эти месторождения к промышленной эксплуатации готовы не были.

Драгоценные металлы. Республика Таджикистан обладает внушительными запасами драгоценных металлов, особенно таких, как золото и серебро. Также, наша республика обладает крупнейшими *сереброрудными* месторождениями во всей Центральной Азии.

Запасы серебра на территории Республики Таджикистан учтены по 43 месторождениям с общими запасами руды 1238 млн. т. и запасами серебра 65,2 тыс. т. Из них: 19 свинцово-цинковое, 20 золотосеребряное, 2 вольфрамовое и 1 свинцово-флюоритовое. 17 месторождений находятся в эксплуатации, а остальные 26 месторождений находятся на балансе государственного геологического фонда Республики Таджикистан.

Вовлекаемые в оборот запасы серебра составляют 7% от объёма утверждённых запасов руды и 8,8% запасов резервов серебра, что является весьма низким показателем добычи металла [8, с. 250].

В большинстве месторождениях серебро ассоциируется со свинцом и свинцово-цинковыми рудами. Основные месторождения серебряных руд расположены на территории северных регионах страны - в Центрально-Карамазарском и Алтынтопканском регионе: Аджилгинское, Верхнеаджилгинское и Конимансурское месторождения и др.

Большой Конимансур - на текущий время уже разведано и подготовлено к освоению месторождение серебропорфировых руд. На данном месторождении объём подсчитанных и прогнозных запасов серебра составляет более 70 тыс. т. Конимансурское месторождения серебропорфировых руд оценивается как один из самых крупнейших в мире. На нем сосредоточено более 90% разведанных запасов серебра в Таджикистане.

Помимо этого, на территории республики проводились работы по предварительной разведке еще двух сереброрудных месторождений – Акджилга (Памир) и Мирхант, вблизи Тарорского золоторудного месторождения в 44 км от г. Пенджикента. Эти месторождения имеют очень благоприятные горнотехнические условия. Месторождения серебра также установлены на Памире, на месторождениях Токузбулак и Зурчерцек.

Кроме серебра в рудах также, присутствует свинец, цинк, медь, золото, сурьма, висмут, олово и кадмий [8, с. 98].

В Таджикистане территориально, основные месторождения *золота* расположены на Северной и Центральной части Таджикистана, а также и на Южном Памире. Разведанные запасы

сконцентрируются в основном на золотокварцевых месторождениях Джилау, Тарор и Туркестан-Чоринской рудных зон Центрального Таджикистана.

Помимо этого, золотокварцевые и золотосульфидные объекты имеются и в Кармазарском регионе. Общее количество месторождений рудного золота, обнаруженные в Таджикистане, составляют более 150 единиц. При этом, большая часть из этого месторождения мало исследованы [8, с. 186].

Общие запасы золота в республике составляет 442 т, из которых 190-200 т являются подтвержденными запасами. Запасы золота определены в 24 коренных, 22 россыпных и 6 комплексных месторождениях, из которых 9 золоторудные, одно комплексное и одно россыпное месторождения находятся в стадии эксплуатации. Остальные 15 коренное, 21 россыпное и 5 комплексное месторождения находятся в запасах баланса республики [9, с. 286].

Исследователь Б.С. Маджидов, используя бассейно-геологический подход в районировании месторождений золота, выделил пять геолого-географические структуры золотоносных месторождений.

1. Северный Таджикистан - соответственно 5% и 11% запасов и ресурсов золота;
2. Центральный Таджикистан - соответственно 67% и 62% запасов и ресурсов золота;
3. Гиссаро-Северопамирский - Калайхумб-Саупсайская полоса северного Памира - соответственно 22% и 21% запасов и ресурсов золота;
4. Таджикская депрессия - соответственно 1% и 5% запасов и ресурсов золота;
5. Южно-Памирская - соответственно 5% и 1% запасов и ресурсов золота [25, с. 186].

Металлические руды. Месторождения *железных руд* известны в северной части Таджикистана, на южных склонах Кураминского хребта: Чокадамбулакское и Турангливское месторождения. Из представленные месторождения общие ресурсы Чокадамбулакского месторождения оценивается в 300 млн. т. Общая площадь Чокадамбулакского месторождения 10-12 км² и состоит из нескольких участков.

В рудах кроме магнетита (39,6% Fe) в промышленных концентрациях содержатся висмут, кобальт, медь, свинец, цинк, серебро, золото, галлий и другие полезные компоненты. Данный факт в значительной мере повышает ценность месторождения [9, с. 98].

По имеющим данным, на государственном балансе числятся запасы магнетитовые руды в объеме более 100 млн. тонн. А также имеются перспективы прироста запасов железных руд до нескольких сотен млн. т. Среднее содержание железа в рудах достигает почти 40%.

На территории Памира имеются месторождения магнетитовой руды – Барч, запасы месторождения оценены в 270 млн. тонн, с содержанием железа до 52%. Также в регионе столицы республики города Душанбе открыто месторождение магнетитовой руды Харангон [12, с. 99].

На территории Северной и Центральной провинций Республики Таджикистана сосредоточены промышленные месторождения *вольфрама*. Их запасы в государственном балансе учтены в двух месторождений вольфрама – Джилау и Майхура, а также рудопроявления Уштургардан. Также перспективные месторождения имеются в районе Памира.

Майхуринское месторождение является наиболее крупным вольфрамового месторождения, который находится на Южном склоне Гиссарского хребта. В период с 1973 по 1975 гг. в ходе доразведки месторождения на нем было установлено 19 промышленных рудных тел протяженностью 50-425 м и мощностью 2-22 м.

Помимо вольфрама Майхуринские руды содержат в извлекаемых количествах цинк, медь, висмут и кадмий. Такие минералы как: шеелит, сфалерит, пирротин и халькопирит являются главными рудными минералами на месторождении и стоит отметить что зона окисления на месторождении отсутствует. Согласно имеющимся данным, на базе Майхуринского месторождения производительность перспективного предприятия может достигать до 150 тысяч тонн руды в год [9, с. 256].

Необходимо отметить, что в Майхуринском регионе находится хранилище отходов переработки прежних лет в объеме 250 тыс. т, который является техногенным минеральным объектом, содержащий вольфрам, олово и цинк.

Помимо этого, промышленные месторождения вольфрамовых руд Чорух-Дайронское и Шапгалинское расположены в регионе Кармазара, а на южном склоне Зеравшанского хребта находится месторождение Джилау, его также можно отнести к Северной провинции (согласно

вышеприведенному районированию по административно-хозяйственным принципам размещения горнодобывающей промышленности.

Марганец, являющейся одним из основным элементом в черной металлургии, сконцентрирован в месторождениях Хобурабадской и Обихингобской территории. Среднее содержание марганца в руде составляет 35% [13, с. 256].

Алюминий представляет собой для Таджикистана один из наиболее важных ресурсов, особенно после строительства на территории республики Таджикского алюминиевого завода (ТадАЗ). Однако, в советское время большая часть сырья была привозного характера и остро стоял вопрос поиска собственных залежей алюминиевых руд.

В Северном и Центральном Таджикистане (Туркестанский, Зеравшанский, Гиссарский хребты) и на Памире были открыты месторождения алюминиевых бокситов. Однако, при дальнейшем их исследовании выяснилось, что они имеют весьма ограниченное промышленное значение в связи с недостаточным их запасом и низким качеством [6, с. 101].

В 70-е годы XX века, было предварительно разведано месторождение нефелиновых сиенитов в массиве Турпи (Раштский регион – Центральна провинция¹). Общий запас руды оценивается в объеме более 300 млн. т. Рядом с Турпинским месторождением было разведано Ганджинское месторождение мраморов, который необходим для глиноземного производства [7, с. 102].

Аналогично разведывательно-поисковые работы глиноземного сырья алюминиевого характера ведутся и на Западном Памире.

Республика Таджикистан занимает одно из ведущих мест в Центральной Азии по запасам *свинцово-цинковых руд*. Эти руды активно применяются, как в металлургии, так и в сельскохозяйственном машиностроении и сборке аккумуляторов.

Значительные перспективы на полиметаллы связываются с южным обрамлением Ферганской депрессии, где в терригенно-карбонатных отложениях «Девона» ожидается наличие крупных стратиформных залежей. Наибольшая часть разведанные запасы свинцово-цинковые руды (порядка 90%) расположены в Кармазарском рудном регионе, на месторождениях и Алтынтопканско и Большой Конимансурского рудного поля разведано более 1 млрд. т. руд означенного типа. Большая часть их разведанных месторождений могут быть отработаны открытым способом. Помимо свинца в этих рудах обнаружены кадмий, висмут, серебро и ещё ряд ценных попутных компонентов [9, с. 256; 16, с. 103].

Из 20 изученных месторождений и проявлений свинца и цинка на территории Таджикистана 19 месторождений расположены в пределах горнодобывающем регионе Кармазар, а в Центральном Таджикистане территориально находится Мирхантское месторождения.

Одной из характерной чертой минеральных месторождений и рудопроявлений свинца и цинка в Кармазарском рудном регионе Северного Таджикистана является их комплексность. Это означает, что наряду со свинцом и цинком руды этих месторождений содержат в промышленных концентрациях серебро, кадмий, висмут, золото, молибден, медь, сурьма и флюорит [9, с.104].

Таджикистан занимает третье место среди Азиатских стран по запасу *сурьмы и ртути*. Наша республика по объему *сурьмы и ртути* уступает лишь КНР и Тайланду.

Основу запасов сурьмы в республике составляет Зеравшанский и Гиссарский ртутно-сурьмяный пояс. Пояс имеет ширину до 35 км и протяженность до 200 км. А также, наиболее значительные запасы сурьмы и ртути сосредоточены в Джижикрутском и Кончочском рудных полях на Северной рудной провинции Таджикистана. В данных регионах сурьма имеется на 72 объектах, 42 из этих объектов расположено в Пенджикентском геолого-экономическом регионе и 4 находятся в регионе Горного Мастчаха. Оставшиеся 26 объектов рудных месторождений расположены в Айнинском регионе. На восьми месторождениях - Валанги-Дароз, Чорроха, Бузинова, Гурдара, Джижикрут, Турк-Парида, Кара-Камар и Скальное - выполнена детальная разведка [6, с. 98].

Помимо металлических руд, Республика Таджикистан богата и иными полезными ископаемыми. Одним из самых важных ископаемых нерудного характера можно считать месторождения *каменной соли*. Согласно официальным данным, запасы соли, имеющиеся на

¹ В соответствии с вышепредставленным районированием.

территории республики дают возможность функционирующим солевым предприятиям строить планы работы по добыче сырья и конечного продукта на срок ста лет.

Восейское месторождения каменной соли является наиболее значимой среди других месторождений. Оно расположено на расстоянии в 2-3 км от поселка Восе. Общая площадь месторождения составляет около 0,6 км², является крайней северной частью соляного штока горы Ходжа-Мумина. Прогнозируемая ресурсная возможность соли в данном месторождении оценивается в несколько миллиардов тонн, а толщина каменной соли составляет до 180 м [6, с. 108].

Месторождения Ходжа-Мумин, расположено по близости региона Хамадони Хатлонской области. Оно представляет собой южную оконечность соляного купола Ходжа-Мумина. Мощность каменной соли в пределах месторождения колеблется от 58 до 249 м.

По результату проведенных исследований на данном месторождении зафиксировано около 160 источников, вытекающих из толщи каменной соли. Установлено, что соль может быть использована в качестве пищевой после обогащения.

На территории Аштского региона Согдийской области расположено Камышкурганское месторождение каменной соли. Запасы, данного месторождения подсчитанные по юго-западному участку, составляют более 558 млн. тонн [8, с. 108].

Помимо этого, республика обладает запасами *фосфоритов*, которые могут использоваться для изготовления минеральных удобрений, а также для извлечения фосфорной кислоты и элементарного фосфора.

В результате исследовательских работ, на территории Республики Таджикистан разведано до 140 месторождений *строительных материалов*, из которых освоено 40; на большинстве освоенных месторождениях добывающие предприятия обеспечены разведанными запасами на 20-50 и более лет. Также, республика обладает большой минерально-сырьевой базой для производства кирпича, инертных материалов, керамзита, аглопорита, гипса, облицовочного, пильного и бутового камня, извести, цемента и других строительных материалов с большой возможностью наращивания запасов перечисленных и новых видов сырья для стройиндустрии во всех регионах страны

Восточный Таджикистан (регион Памир) обладает крупными детально разведанными ресурсами боросиликатного сырья, драгоценные и полудрагоценные камни, а в Северном Таджикистане (вблизи г. Ходжента) расположено большие запасы кварцевых песков, [9, с.110].

В данной статье мы попытались в общих чертах описать основные составляющие природных ресурсов Республики Таджикистан, пригодных для использования ГРП страны. Приведенные данные могут быть дополнены, а известные цифры скорректированы в соответствии с дальнейшим уровнем развития геологоразведочных работ и горнорудной промышленности Таджикистана.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Соколов, С.Н. Природно-экономическое районирование России / С.Н. Соколов // Проблемы региональной экологии. – 2007. – №2. – С. 24-27.
2. Государственная экологическая программа Республики Таджикистан на 2009-2019 годы. Утверждена постановлением Правительства Республики Таджикистан от 27 февраля 2009 г. №123. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.adlia.tj/show_doc.fwx?Rgn=14381.
3. Таджикская Советская Социалистическая Республика. Горная энциклопедия. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.mining-enc.ru/tadzhikskaya-sovetskaya-socialisticheskaya-respublika/>.
4. Джураев, А. Эколого-географическое и агроресурсное районирование территории Республики Таджикистан [Текст] / А. Джураев, И.Д. Муродов, С.Ш. Валиев, Х. Хакбердиев // Вестник Педагогического университета. – 2019. – №3-4(3-4). – С. 8-16.
5. Самиев, А.М. Географические исследования Памира в конце XIX – первой половины XX вв. и их значение для развития науки, и экономики современного Таджикистана / А.М. Самиев // Диссертация ... кандидат географических наук. – Душанбе, 2010. – 178 с.
6. Состояние угольного сектора Республики Таджикистан. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://bankwatch.org/wp-content/uploads/2017/12/coal-tadj-rev-ru17-1.pdf>.
7. Рахмон, Э. Обеспечиваем регион электрической энергией [Текст] / Э. Рахмон // Неру – Энергетика. – Душанбе, 2006. – №3-4(9-10). – С. 6.
8. Марки угля. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://gruntovozov.ru/chasto-zadavayemiye-voprosy/vidyi-uglya/marki-uglya/>.

9. Дополнения к национальному отчету ИПДО Таджикистан (данные 2014г) Подготовлено: Апрель 2016. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://eiti.org/sites/default/files/attachments/supplementary_2014_report_in_russian.pdf.

ВАЗЫИ ЗАХИРАҶОИ ТАБИИИ ВА ИСТИФОДАИ ОНҶО ДАР САНОАТИ КОРКАРДИ МАЪДАНҶОИ КҶҲӢ ДАР ҶУМҶУРИИ ТОҶИКИСТОН

Дар мақола баррасии ҳамаҷонибаи захираҳои табиии Ҷумҳурии Тоҷикистон бо таваҷҷуҳи ҳоса ва истифодаи эҳтимолии онҳо дар соҳаи саноати коркарди маъдани кӯҳӣ (СКМК) оварда шудааст. Муаллиф аз баррасии аҳамияти ноҳиябандии манобеи табиӣ барои рушди самараноки соҳаи саноати коркарди маъдани кӯҳӣ оғоз карда, сипас равишҳои мухталифи ноҳиябандиро дар ҳудуди Тоҷикистон баррасӣ намудааст.

Дар ҳоли ҳозир дар ҳудуди Ҷумҳурии Тоҷикистон 4 вилояти асосие мавҷуд аст, ки дорои захираҳои табиии рушди эҳтимолии саноати кӯҳӣ мебошанд: Вилояти Шимолӣ (вилояти Суғд), Марказӣ (ноҳияҳои тобеи марказ), вилояти Ҷанубӣ (вилояти Хатлон) ва вилояти Шарқӣ (Помир) (Вилояти Мухтори Кӯҳистони Бадахшон).

Ҳар яке аз вилоятҳои номбаршуда дорои иқтидори муайяни захираҳо мебошанд, ки асоси онро ангишт, металлҳои қиматбаҳо, маъданҳои металлӣ, манган, алюминий, маъданҳои сурбу рух, сурма, симоб, вольфрам, стронсий, намаки сангӣ, фосфоритҳо ва масолеҳи сохтмонӣ ташкил медиҳанд. Мувофиқи маълумоти охиринаи геологӣ, дар ҳудуди Ҷумҳурии Тоҷикистон зиёда аз 40 (аз рӯи маълумоти дигар 36) кони ангишт ҷойгир аст. Аз нуқтаи назари ноҳиябандии геологӣ ҳудуди ҷумҳурӣ ба чор минтақаи ташаккули қабатҳои ангиштдор тақсим мешавад.

Ҷумҳурии Тоҷикистон дорои захираҳои зиёди металлҳои қиматбаҳо, махсусан тилло ва нукра мебошад. Захираи нукра дар ҳудуди Ҷумҳурии Тоҷикистон дар 43 кон, захираҳои умумии маъдан ба 1238 миллион тонна ва захираи нукра ба 65,2 ҳазор тонна баробар буда, аз ин 19 кони сурб-рух, 20 кони тилло-нукра, 2 кони вольфрам ва 1 кони сурб-флюорит муайян гардидаанд. Конҳои асосии тилло дар минтақаҳои ояндадори Тоҷикистони Шимолӣ, Марказӣ ва Помири Ҷанубӣ ҷойгир мебошанд. Конҳои маъдани оҳан дар Тоҷикистони Шимолӣ, дар нишебиҳои ҷанубии қаторкӯҳҳои Қурама: конҳои Ҷоқадамбулок ва Турангли муайян гардидаанд.

Муаллиф дар охир иқтидори рушди СамП дар Тоҷикистон ва аҳамияти идоракунии устувори захираҳо баррасӣ мекунад. Ӯ қайд мекунад, ки кишвар барои рушди СамП чанд афзалият дорад, ки аз ҷумлаи онҳо базаи калони ашёи хом, нуруи кории соҳибхтисос ва муҳити мувофиқи сармоягузорӣ мебошанд.

КАЛИДВОЖАҶО: потенциали захираҳои табиӣ, ноҳиябандии иқтисодии захираҳо, ноҳиябандии маъмури-иқтисодӣ, саноати маъдан, ноҳиябандии геологӣ-ҷуғрофӣ, ҳавзаҳо, захираҳо, иқтибосҳо, пешгӯӣ.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ: Исмадова Шаҳноза Шоабдурахимовна, унвонҷӯи кафедраи географияи иқтисодӣ ва иҷтимоии Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С. Айни. Тел.: (+992) 552-22-55-88; e-mail: sahnoza.ismatova@mail.ru

СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ГРП В РЕСПУБЛИКЕ ТАДЖИКИСТАН

В статье дается комплексная оценка природных ресурсов Республики Таджикистан, с особым акцентом на их возможное использование в горно-перерабатывающей промышленности (ГПП). Автор начинает с обсуждения важности зонирования природных ресурсов для эффективного развития горно-перерабатывающей промышленности (ГПП), а затем переходит к обзору различных подходов к зонированию, которые были предложены для Таджикистана.

В данное время на территории Республики Таджикистан выделяются четыре основные провинции, обладающие природными ресурсами с возможным развитием отрасли горнорудной промышленности: Северная провинция (Согдийская область), Центральная провинция (Районы республиканского подчинения), Южная провинция (Хатлонская область) и Восточная (Памирская) провинция (Горно-Бадахшанская автономная область).

Каждая из перечисленных провинций обладает определенным ресурсным потенциалом, основу которого составляют: уголь, драгоценные металлы, металлические руды, марганец, алюминий, свинцово-цинковые руды, сурьма, ртуть, вольфрам, стронций, каменная соль, фосфориты, строительные материалы и т.д.

Согласно имеющимся последним геологическим данным, на территории Республики Таджикистан расположены более 40 (по другим данным 36) месторождений и проявлений угля. С точки зрения бассейно-геологического районирования территория республики делится на четыре района формирования угленосной толщи.

Республика Таджикистан обладает внушительными запасами драгоценных металлов, особенно таких, как золото и серебро. Запасы серебра на территории Республики Таджикистан учтены по 43 месторождениям с общими запасами руды 1238 млн. т. и запасами серебра 65,2 тыс. т. Из них: 19 свинцово-цинковых, 20 золотосеребряных, 2 вольфрамовых и 1 свинцово-флюоритовое. Основные месторождения

золота в Таджикистане расположены на перспективных площадях Северного, Центрального Таджикистана и Южного Памира. Месторождения железных руд известны в Северном Таджикистане, на южных склонах Кураминского хребта: Чокадамбулакское (Шохкадамбулакское) и Турангливское месторождения.

В заключение автор рассматривает потенциал развития горно-перерабатывающей промышленности в Таджикистане и важность устойчивого управления ресурсами. Также отмечает, что страна имеет ряд преимуществ для развития горно-перерабатывающей промышленности, включая крупную сырьевую базу, квалифицированную рабочую силу и благоприятный инвестиционный климат.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: природно-ресурсный потенциал, ресурсно-экономическое районирование, административно-хозяйственное районирование, горнорудная промышленность, геолого-географическое районирование, бассейны, месторождения, запасы, ресурсы, прогноз.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Исмадова Шахноза Шоабдурахимовна, соискатель кафедры экономической и социальной географии Таджикского государственного педагогического университета имени С. Айни. Тел.: (+992) 552-22-55-88; e-mail: sahnoza.ismatova@mail.ru

THE NATURAL RESOURCES OF TAJIKISTAN AND THEIR POTENTIAL USAGE OF THE MINING AND PROCESSING INDUSTRY

The article provides a comprehensive assessment of the natural resources of the Republic of Tajikistan, with special emphasis on their possible use in the mining and processing industry (MPI). The author begins by discussing the importance of natural resource zoning for the effective development of NSPs and then moves on to review the various zoning approaches that have been proposed for Tajikistan.

Currently, on the territory of the Republic of Tajikistan, there are four main provinces that have natural resources with the possible development of the mining industry: Northern Province (Sughd Region), Central Province (Regions of Republican Subordination), Southern Province (Khatlon Region) and Eastern (Pamir) Province (Gorno-Badakhshan Autonomous Region).

Each of the listed provinces has a certain resource potential, the basis of which is: coal, precious metals, metal ores, manganese, aluminum, lead-zinc ores, antimony, mercury, tungsten, strontium, rock salt, phosphorites, building materials, etc.

According to the latest available geological data, more than 40 (according to other sources 36) coal deposits and occurrences are located on the territory of the Republic of Tajikistan. From the point of view of basin-geological zoning, the territory of the republic is divided into four regions of formation of coal-bearing strata.

The Republic of Tajikistan has impressive reserves of precious metals, especially gold and silver. Silver reserves in the territory of the Republic of Tajikistan are accounted for in 43 deposits with total ore reserves of 1238 million tons and silver reserves of 65.2 thousand tons. Among them: 19 lead-zinc, 20 gold-silver, 2 tungsten and 1 lead-fluorite. The main gold deposits in Tajikistan are located in promising areas of Northern, Central Tajikistan and Southern Pamirs. Iron ore deposits are known in Northern Tajikistan, on the southern slopes of the Kuraminsky ridge: Chokadambulak (Shohkadambulak) and Turanglivskoye deposits.

The author concludes by discussing the potential for developing GSP in Tajikistan and the importance of sustainable resource management. Also, the author notes that the country has a number of advantages for the development of SPP, including large raw material base, qualified workforce and favorable investment climate.

KEY WORDS: natural resource potential, resource-economic zoning, administrative-economic zoning, mining industry, geological and geographical zoning, basins, deposits, reserves, resources, forecast.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR: Ismatova Shahnoza Shoabdurahimovna, Applicant of the Department of Economic and Social Geography at Tajik State Pedagogical University named after S. Ainy. Phone: (+992) 552-22-55-88; e-mail: sahnoza.ismatova@mail.ru

ТДУ: 37.0.+004.9+351.1

**ТАЪРИХИ ПАЙДОИШИ АВВАЛИН СОМОНАҲОИ САЙЁҲӢ ВА СИСТЕМАҲОИ
ОНЛАЙНӢ ДАР САМТИ ХИЗМАТРАСОНИИ СОҲАИ САЙЁҲӢ**

Шарипова М.С.

Академияи идоракунии давлатии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон

Дар шароити имрӯза вазъи геосиёсии ҷаҳон ва таҳдидҳои замони муосир ба мақсади рушди давлату давлатдорӣ миллӣ истифодаи технологияҳои иттилоотӣ коммуникатсионӣ ва рақамикунонии хизматрасониҳои мақомоти идоракунии давлатӣ тақозои замон аст. Дар тӯли солҳои охир дар Ҷумҳурии Тоҷикистон ба истифодаи технологияҳои иттилоотӣ коммуникатсионӣ дар идоракунии давлатӣ ва пешниҳоди хизматрасониӣ рақамӣ аҳамияти махсус дода мешавад. Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон ҷиҳати рушди соҳаи технологияи иттилоотӣ коммуникатсионӣ, инноватсия ва рақамикунонии иқтисоди миллӣ тавачҷуҳи бештар намуда, дар ин самт корҳои муайян анҷом дода шудаанд.

Ҷанӯз 3-юми декабри соли 2010 дар ҷаласаи Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аҳамияти технологияҳои иттилоотӣ коммуникатсионӣ ва зарурати ҷарчи зудтар дар ҷамаи соҳаҳои идоракунии ҷорӣ кардани он бори дигар махсус қайд карда шуд ва «Нақшаи ҷорабиниҳои минбаъдаи Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон ҷиҳати татбиқи технологияҳои иттилоотӣ коммуникатсионӣ барои тақмили идоракунии давлатӣ» қабул карда шуд.

Дар ҷаҳони муосири иҷтимоӣ тамоюлҳои гуногуни марбут ба рақамисозӣ ба вуҷуд меоянд, ки асосан ба таҳия ва татбиқи технологияҳои рақамӣ дар соҳаҳои гуногуни ҷомеа нигаронида шудаанд [8, с. 4].

Дар айни замон равандҳои рақамӣ на танҳо ташкилотҳои тичоратиро фаро гирифтаанд, балки дар системаи идоракунии давлатии бисёр кишварҳои ҷаҳон фаъолон татбиқ карда мешаванд.

Дар ҷаҳони муосир бронкунии онлайнӣ-фармоиш тавассути Интернет, дар речаи интерактивӣ, канали асосии тақсмоти маҳсулоти соҳаи сайёҳӣ мебошад. Системаи брон ва фармоиш додани чиптаҳои ҳавопаймо дар хориҷа дар охири солҳои 50-уми асри 20 пайдо шуда он ҳамчун воситаи ҷамъоварӣ, интиқол ва таҳлили самти фаъолияти он истифода мешуд. Ин системаҳои иттилоотӣ аз ҷониби ширкатҳои ҳавопаймоӣ барои осон кардани амалиётҳо ба монанди фуруши чиптаҳо, идоракунии ҷадвали парвозҳо, ҷамъовариҳои чипта ва ғайра таҳия карда мешудаанд. Бо рушди босуботи технологияҳои иттилоотӣ коммуникатсионӣ, соҳаи фармоишҳои онлайнӣ хеле васеътар гардида, ҳоло асоси муҳимтарини дарёфти ҷама намуди иттилоот дар соҳаи туризм мебошанд. Системаҳои банд ва фармоиш дастрасии автоматиро ба иттилооти банақшагирӣ ва фармоишро барои аксари бахшҳои саноат, аз ҷумла меҳмонхонаҳо, нақлиёт, хизматрасони ва ҳатсайрҳои сайёҳӣ, мубодилаи асъор ва интиҳоби макони истироҳату фароғатро таъмин мекунанд. Терминалҳои системаи фармоишии компютерӣ бори аввал дар миёнаҳои солҳои 70-уми асри ХХ пайдо шуданд. Дар ибтидои солҳои 90-уми асри сипаригардида технологияҳои иттилоотӣ ба тичорати меҳмонхонаҳо ва баъдтар дар қори агентҳои сайёҳӣ ҷорӣ гардиданд, ки дар самти рушди хизматрасониҳои онлайнӣ заминаи устувор гузошта шуданд.

Соли 1993 Ҳукумати ИМА аввалин платформаи марказии ҷустуҷӯи иттилооти ҳукуматиро дар ҷаҳон таъсис дод, ки дар он вебсайт маълумоти тамос ва тавсифи вазифаҳои ҳукумат ҷой дода шуда буданд, ки ин як қадами муҳим дар роҳи эҷоди алоқа ва муошират бо шаҳрвандон гардид. Пас аз он соли 1996 Microsoft вебсайти фармоиши меҳмонхонаҳо ва ширкатҳои ҳавопаймоии Expedia.com ба фаъолият шуруъ карданд. Муассиси ширкат Билл Гейтс баъдтар гуфт, ки вай пешгӯӣ кардааст, ки қорбарони интернет меҳмонхона сафарҳои худро мустақилона бидуни миёнарав ба нақша гиранд ва омода созанд [1, с. 29].

Охири соли 1996 дар Ҳолланд Герт-Ян Бруинсма, хатмкардаи факултаи идоракунии техникаи Донишгоҳи Твенте ба меҳмонхонаҳои шаҳрҳои Аврупо занг зада, аз онҳо хоҳиш мекард, ки ба ӯ брошюраҳои таблиғотиро бо аксҳои утоқҳои худ тавассути почтаи муқаррарӣ фиристанд. Вай дар фазои интернет вебсайти Bookings.nl-ро сабти ном карда, тамоми тасвирҳои сканшударо дар он ҷойгир намуда аввалин ширкати онлайнӣ, ки барои фармоиш ва банд кардани меҳмонхонаҳо дар ҷаҳон гардид. Вобаста ба ин ӯ чунин гуфтааст: «*Тақрибан як сол ман кӯшиши кардам, ки дар соҳаҳои мухталифе, ки ба интернет алоқаманд нестанд, тичоратро оғоз кунам, аммо ҳеч натиҷае надод. Боре тасмими сафар ба Будапешт доштам, бинобар сабабе,*

ки бо ин кишвар он қадар ошно набудам, хело нороҳат ва дар таъвиши будам, маҳз ҳамин таъвиши омил гаит то гоҳи таъсиси ширкати онлайнӣ банд кардани меҳмонхонаҳо ба сарам омад» [2].

Як бегоҳ пеш аз сафараш ба Будапешт Герт-Ян Бруинсма, новобаста аз он, ки дар самти тичорати меҳмонхонаҳо ягон таҷриба надошт, бо роҳандозии стартап аз дӯстонаш 50 ҳазор евро чамъ оварда, ширкати Bookings B.V.-ро таъсис дод. Рақобат дар солҳои аввали фаъолияти Bookings.nl чандон шадид набуд. Ба гуфтаи соҳибкор, ширкатҳои зиёде ба ин монанд таъсис ёфтаанд, вале бештари онҳо дар Иёлоти Муттаҳида ҷойгир буданд, ки дар он на танҳо кормандони IT ва донишҷӯён, балки соҳибони компютерҳои фардӣ низ имкони дастрасӣ ба интернетро доштанд. Аз ин рӯ, стартапҳои сайёҳӣ асосан бозори Амрикоро фаро гирифтанд.

Ҳамин тавр, дар соли 1996 Билл Гейтс Expedia.com-ро таъсис дод ва ҳамзамон Saber Holdings, як филиали American Airlines Travelocity-ро кушод. Шумораи стартапҳо дар Иёлоти Муттаҳида афзоиш ёфт ва ба зудӣ онҳо худро дар бозори дохилии худ маҳдуд ҳис карданд. Онҳое, ки сармоягузори саховатманд доштанд, тавсеа додани ширкатҳои худ ба Аврупоро эълон карданд. Масалан, дар соли 1998 Expedia.com дар се моҳи аввали фаъолияти худ дар бозори Бритониё 15 000 муштариро ҷалб кард ва дар тӯли як сол фармоишҳо дар сайт ба 16 миллион доллар расид.

Оғоз аз соли 1998 мавқеи ширкатҳои онлайнӣ хизматрасониҳои сайёҳӣ хело зиёд шудан гирифт. Ин боиси пайдо шудани рақобат байни вебсайтҳои хизматрасонии сайёҳӣ гардид. Аввалин бартари дар рақобатҳои тичоратӣ хизматрасониҳои онлайнӣ ин сиёсати нархгузорӣ буд. Барои мисол беъзе аз ширкатҳо то 35% арзиши фармоишро аз меҳмонхонаҳо ҳамчун комиссия мегирифтанд, баъзеи дигар то 10-12 фоизро ба даст оварданд.

Дар майдони рақобати амрикоӣ Герт-Ян Бруинсма боз аввалин шуда пешпардохтро бекор карда бо меҳмонхонаҳои хориҷӣ шартномаҳои ҳамкорӣ ба имзо расонид, ки дар асоси он сайёҳон метавонистанд пас аз ҷойгириашон дар меҳмонхонаҳо пул пардохт кунанд, ӯ инчунин ширкати Bookings.nl барои ҳамкорӣ бо менечерони забондони маҳаллӣ кироя мекард, то дар гуфтушунид бо соҳибони меҳмонхона монеаи забонӣ вучуд надошта бошад [3].

Соли 2005 Bookings.nl бо ширкати American Priceline Group, ки яке аз 10 оҷонсиҳои сайёҳии онлайн дар Иёлоти Муттаҳида Амрико ба фуруши чиптаҳои ҳавопаймо бо истифода аз системаи Fortuna буд, шартномаи ҳамкорӣ ба имзо расонд. Соли 2005, система аз ҷониби ширкати амрикоӣ The Priceline Group ба маблағи 133 000 000 доллар харидорӣ карда шуда, моҳи феврари соли 2018 он ба Booking Holdings NASDAQ: BKNG иваз карда шуд [3].

Аввалин сомонаҳои сайёҳӣ ва системаҳои онлайнӣ барои брон кардани меҳмонхонаҳо инкилобе дар соҳаи сайёҳиро ба вучуд оварданд. Онҳо на танҳо раванди брон карданро осонтар карданд, балки барои мизочон ва корхонаҳо имкониятҳои нав фароҳам оварданд. Агар қаблан технологияҳои иттилоотӣ барои рушди соҳаи сайёҳӣ ва муваффақияти бозори ширкатҳои сайёҳӣ аҳамияти дуюмдараҷа дошта бошанд, ҳоло онҳо ба яке аз омилҳои муҳими пешрафт табдил ёфтаанд. Муаллифи китоби «Бизнеси муосири сайёҳӣ», Ирена Еджейчик, дар китобаш раванди пайдоиш ва рушди системаҳои онлайнӣ барои фармоиш ва банд кардани хизматрасониҳои сайёҳиро ба якчанд марҳилаи зерин ҷудо намудааст:

- марҳилаи брон бо тамоси шахсӣ (то охири солҳои 50-уми асри XX);
- марҳилаи эҷоди технологияҳои компютерӣ (охири солҳои 50-ум- миёнаи солҳои 60-ум);
- марҳилаи ҷорӣ намудани технологияҳои компютерӣ ба системаҳои иттилоотӣ ва захиравӣ (миёнаҳои солҳои 60-ум миёнаҳои солҳои 70-ум);
- марҳилаи истифодаи технологияҳои компютерӣ ҳамчун воситаи паҳнкунии хизматрасонӣ дар бозорҳои миллий (аз миёнаҳои солҳои 70-ум то соли 1987);
- марҳилаи муттаҳидсозии системаҳои миллии компютерӣ ба як шабакаи ягона ва муттаҳидсозии онҳо дар системаи ягонаи ҷаҳонӣ бронкунӣ ва фуруши хизматрасонии сайёҳӣ (аз соли 1987 то охири солҳои навадуми асри XX);
- марҳилаи муқовимат байни системаи компютери фармоиш ва фуруши хизматҳои туристӣ ва системаҳои рақамии алтернативӣ дар он [4].

Пайдоиши сомонаҳои сайёҳӣ ва системаҳои онлайнӣ барои брон кардани меҳмонхонаҳо таъсири бузурге ба саноати сайёҳӣ гузошт. Ин технологияҳо ба мизочон имконияти ҷустуҷӯ ва муқоиса кардани нархҳо доданд, ки ин бозорро барои мизочон шаффофтар кард. Ҳамзамон, меҳмонхонаҳо метавонистанд ба бозори ҷаҳонӣ дастрасӣ пайдо кунанд ва барои бозори нав ҷалб шаванд. Ин раванд ба рушди тичорати хурд ва миёна (SMEs) дар соҳаи сайёҳӣ низ кӯмак кард.

Дар Тоҷикистон хизматрасонии сомонаҳои сайёҳӣ ва системаҳои онлайнӣ барои банд кардани меҳмонхонаҳо дар хатсайрҳои сайёҳӣ аввалин маротиба аз соли 2010, пайдо шуд. Ин раванд бо рушди интернет ва технологияҳои дигиталӣ дар кишвар алоқаманд буд. Сомонаҳои мисли Tajikistan.Travel [5], (сомонаи расмӣ сайёҳии Тоҷикистон) ва дигар платформаҳои хусусӣ барои ҷустуҷӯ ва брон кардани меҳмонхонаҳо, инчунин хидматҳои сайёҳӣ, дар ин давра пайдо шуданд. Инчунин, ширкатҳои байналмилалӣ мисли Booking.com, Airbnb ва дигарҳо низ дар Тоҷикистон фаъол шуданд, ки ба сайёҳон имконият медиҳанд, ки меҳмонхонаҳо ва дигар хидматҳоро онлайн банд кунанд. Ҳамин тавр, рушди ин соҳа бо ташаккули сиёсати сайёҳии Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон ва рушди инфрасохтори интернетӣ дар кишвар алоқаманд буда, бо назардошти аҳаммияти иқтисодӣ ва иҷтимоии соҳаи сайёҳӣ, аз самтҳои муҳими сиёсати давлатӣ қарор гирифтаанд. Дар Ҷумҳурии Тоҷикистон бисёр меҳмонхонаҳо ба системаҳои онлайнӣ барои банд кардани меҳмонхонаҳо дар хатсайрҳои сайёҳӣ пайваست шудаанд. Ин меҳмонхонаҳо ба воситаи платформаҳои гуногун, ҳам байналмилалӣ ва ҳам маҳаллӣ, хидматҳои худро пешниҳод мекунанд. Барои мисол чанд меҳмонхонае, ки тавассути хизматрасониҳои онлайнӣ байналмилалӣ брон кардани онҳо имконпазир аст, дар ин ҷо қайд карда мешаванд:

1. Hyatt Regency Dushanbe – Яке аз меҳмонхонаҳои машҳури панҷситора дар Душанбе, ки ба воситаи сомонаҳои мисли Booking.com, Expedia ва Hyatt.com ҷойҳо банд карда мешавад [6].

2. Serena Hotels – Меҳмонхонаҳои Serena дар Душанбе ва Хоруғ ба воситаи сомонаи худ ва платформаҳои байналмилалӣ ҷойҳо банд карда мешаванд.

3. Hilton Dushanbe – Инчунин ба воситаи сомонаҳои байналмилалӣ мисли Hilton.com, Booking.com ва Agoda ҷойҳо банд карда мешавад.

Меҳмонхонаҳои маҳаллӣ:

1. Ваҳон (Душанбе) – Ба воситаи Booking.com ва дигар сомонаҳо ҷойҳо банд карда мешавад.

2. Атриум (Душанбе) – Ба воситаи платформаҳои онлайнӣ мисли Booking.com ва Agoda ҷойҳо банд карда мешавад.

3. Тоҷик Палас (Душанбе) – ба воситаи сомонаҳои байналмилалӣ банд карда мешавад.

Дар баробари ин меҳмонхонаҳои хурд ва меҳмонхонаҳои маҳаллӣ ҷойҳои истиқоматӣ дар шаҳрҳо ва ноҳияҳои гуногун (Хучанд, Хоруғ, Панҷакент, Исфара ва ғайра) ба воситаи платформаҳои мисли Airbnb, Booking.com ва дигар сомонаҳо ҷойҳо банд карда мешаванд. Ҳамин тавр, бисёр меҳмонхонаҳо дар Тоҷикистон ба системаҳои онлайнӣ пайваст шудаанд, ки ин ба рушди сайёҳӣ дар кишвар мусоидат мекунанд [7].

Аввалин сомонаҳои сайёҳӣ ва системаҳои онлайнӣ барои брон кардани меҳмонхонаҳо инкилобе дар саноати сайёҳӣ ба вуҷуд оварданд, аммо, дар баробари ҷиҳатҳои мусбати соҳаи мазкур баъзе мушкилиҳоро низ метавон мушоҳида кард. Масалан, меҳмонхонаҳои анъанавӣ бо рақобати шадид аз ҷониби платформаҳои онлайнӣ рӯ ба рӯ шуданд. Ҳамзамон, вобастагии зиёд ба ин платформаҳо барои бисёр корхонаҳо мушкилиҳои иқтисодиро ба вуҷуд овард.

Сайёҳӣ яке аз соҳаҳои асосии иқтисоди ҷаҳон аст, ки бо пайдоиши интернет ва технологияҳои нав тағйироти бузургеро аз сар гузаронд. Аввалин сомонаҳои сайёҳӣ ва системаҳои онлайнӣ барои брон кардани меҳмонхонаҳо на танҳо раванди ҷустуҷӯ ва брон кардани хизматрасониҳоро осонтар карданд, балки омили тавлиди имкониятҳои нав барои муштарӣён ва корхонаҳо гардидаанд.

АДАБИЁТ:

1. Дмитриев Н.В. Современные системы бронирования в туризме. (<https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-sistemy-bronirovaniya-v-turizme/viewer>). (санаи мурочиат: 19.01.2025)
2. Expedia Group. (2020). The History of Expedia. Retrieved from [expediagroup.com] (<https://www.expediagroup.com>)
3. Booking Holdings. (2021). About Booking.com. Retrieved from [bookingholdings.com] (<https://www.bookingholdings.com>)
4. Gretzel, U., Sigala, M., & Xiang, Z. (2015). Social Media in Travel, Tourism and Hospitality. Routledge.
5. UNWTO. (2020). Global Report on the Impact of Online Travel Agencies*. Retrieved from [unwto.org] (<https://www.unwto.org>) (санаи мурочиат: 13.01.2024)
6. Енджейчик Ирена «Современный туристский бизнес», – Москва, 2003.
7. https://www.hyatt.com/hyatt-regency/en-US/dushr-hyatt-regency-dushanbe?&src=bbm_sem_bbm_search_google_eame_rooms_brand_catchall_Tajikistan_Dushanbe_Hyatt%20Regency_DUSHR_Hyatt%20Regency%20Dushanbe_hyatt%20regency%20dushanbe&mckv=s-

dc_pcrId_725088046966_mtId_5297kx13790&gad_source=1&gclid=EAIaIQobChMIwI2XqZO-iwMV6-yuCh3tiRi4EAAAYASAPegL5vPD_BwE&gclid=aw.ds (санаи муроҷиат: 19.01.2025)

8. Сафарзода Д.Қ., Файзализода Б.Ф. Арзёбии саводнокии рақамии хизматчиёни давлатӣ / Маводди конференсияи ҷумхуриявӣ илмӣ-амалӣ таҳти унвони «Асосҳои ташкилӣ ва сохторию ҳудудии худидоракунии маҳаллӣ дар минтақаҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон». АИДНПҚТ. – Душанбе, 2024. – С. 4-18.
9. Саҳифаи расмӣи Кумитаи рушди сайёҳии назди Ҷумҳурии Тоҷикистон <https://ctd.tj/> (санаи муроҷиат: 17.02.2025)

ТАЪРИХИ ПАЙДОИШИ АВВАЛИН СОМОҲОИ САЙЁҲӢ ВА СИСТЕМАҲОИ ОНЛАЙНӢ ДАР САМТИ ХИЗМАТРАСОНИИ СОҲАИ САЙЁҲӢ

Дар мақола сухан дар бораи пайдоиши аввалин сомоҳои сайёҳӣ, системаҳои онлайнӣ барои банд кардани меҳмонхонаҳо дар хатсайрҳои сайёҳӣ меравад. Дар асоси мақолаҳои таҳлилӣ ва сарчашмаҳо, муҳимияти қорӣ гардидани ин намуд хизматрасонӣ дар соҳаи сайёҳӣ баррасӣ гардида, роҳҳои ташаққул ва рушди системаҳои онлайнӣ барои банд кардани меҳмонхонаҳо дар соҳаи сайёҳӣ дар ҷаҳон ва Тоҷикистон мавриди омӯзиш ва баррасӣ қарор дода шудаанд.

КАЛИДВОЖАҲО: меҳмонхона, Internet, ҳукумати электронӣ, хизматрасонии электронӣ, системаҳои онлайнӣ, хизматрасониҳои сайёҳӣ.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ: Шарипова Манзура Саидҷоевна, докторант PhD-и кафедраи технологияи иттилоотӣ ва амнияти иттилоотии Академияи идоракунии давлатии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон. Тел.: (+992) 900-08-41-62. E-mail saidshozode97@gmail.com

ПОЯВЛЕНИЕ ПЕРВЫХ ТУРИСТИЧЕСКИХ САЙТОВ, ОНЛАЙН-СИСТЕМ В ПРЕДОСТАВЛЕНИИ УСЛУГ В СФЕРЕ ТУРИЗМА

В статье рассматривается возникновение первых туристических сайтов, систем онлайн-бронирования отелей на туристических маршрутах. На основе аналитических статей и источников рассматривается важность внедрения данного вида услуг в туристической отрасли, изучаются и обсуждаются пути формирования и развития онлайн-систем бронирования отелей в туристической отрасли в мире и Таджикистане.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: отель, интернет, электронное правительство, электронные услуги, онлайн-системы, туристические услуги, туристические вебсайты.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Шарипова Манзура Саидҷоевна, докторант PhD кафедры информационных технологий и информационной безопасности Академии государственного управления при Президенте Республики Таджикистан. Тел.: (+992) 900-08-41-62. E-mail saidshozode97@gmail.com

EMERGENCE OF THE FIRST TOURIST SITES, ONLINE HOTEL BOOKING SYSTEMS IN TOURIST TOURS

The article examines the emergence of the first tourist sites, online hotel booking systems on tourist routes. Based on analytical articles and sources, the importance of introducing this type of service in the tourism industry is considered, and ways of forming and developing online hotel booking systems in the tourism industry in the world and Tajikistan are studied and discussed.

KEY WORDS: Internet, e-government, e-services, online systems, tourist services..

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR: Sharipova Manzura Saidchoevna, Doctoral student of the Department of technology and innovation Administration under the President of the Republic of Tajikistan. Phone: (+992) 900-08-41-62. E-mail saidshozode97@gmail.com

БА ТАВАЧҶУҶИ МУАЛЛИФОН

Маҷаллаи «Паёми Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав» (силсилаи илмҳои табиӣ) нашрияти Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав ба ҳисоб меравад.

Маҷалла тибқи «Қонун дар бораи матбуот ва воситаҳои ахбори умум» интишор мегардад.

Дар силсилаи илмҳои табиӣ маҷалла натиҷаи корҳои илмӣ-таҳқиқотии профессорону омӯзгорони донишгоҳ ва уламои ватаниву хориҷӣ оид ба риёзиёт, физикаю технология, химия ва биология, таърихи илм ва техника нашр карда мешавад.

Ҳайати таҳририя, ки ба он мутахассисони соҳаҳои илм шомиланд, бо фармони ректори Донишгоҳ тасдиқ шудааст.

Маҷалла мақолаҳои илмию назариявиро вобаста ба нусхаи асл ба забонҳои тоҷикӣ, русӣ ва англисӣ ба таърифи расонида, соле 4 маротиба нашр мешавад. Маҷалла мақолаҳои илмиро тибқи қарори кафедра қабул менамояд.

Мақолаҳое, ки ба суроғаи маҷаллаи «Паёми Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав» (силсилаи илмҳои табиӣ) ирсол карда мешаванд, бояд ба талаботи зерин ҷавобгӯ бошанд:

Дар мақолаҳои илмӣ ҳалли масъалаҳо аниқ ва равшан ифода гардад.

Ҳаҷми мақола якҷоя бо расм, ҷадвал, диаграмма, график ва матни аннотатсия (0,5 саҳ.) набояд аз 15 саҳифаи ҷопӣ зиёд бошад.

Мақолаҳо бояд дар компютер тибқи барномаи Microsoft Word бо шрифти Times New Roman 14, андозаи А4 хуруфчинӣ ва дар диск сабт карда шаванд.

Ҷосилаи байни сатрҳо 1 см, ҳошия аз тарафи чап 3 см, аз тарафи рост 2 см, аз боло 3 см ва поёни саҳифа 2,5 см-ро ташкил намуда, матни мақола аз тарафи рост саҳифабандӣ карда шавад.

Дар саҳифаи аввал номи мақола, дар сатри дуюм ному насаби муаллиф ва муассисаи корӣ навишта мешавад.

Дар дохили матни асосӣ адабиёти истифодашуда тибқи муқаррарот, бо қавсайни квадратӣ, масалан [1, с. 10] ишора мегардад. Дар поёни матн рӯйхати адабиёт бо тартиби дар матн нишондодашуда тахти унвони «Адабиёт» оварда мешавад. Пас аз рӯйхати адабиёт мазмуни мухтасари мақола ба забонҳои тоҷикӣ, русӣ ва англисӣ, ҳамчунин калидвожаҳо (то 10 калима) ва маълумот дар бораи муаллиф (муаллифон) бо ин забонҳо илова мегардад.

Мақолаҳои илмие, ки ба идораи маҷалла ирсол мешаванд, бояд варақаи экспертӣ, маълумотномаи муаллифӣ ва тақризи мутахассисони соҳаро дошта бошанд.

Дар охири мақола ному насаб, ҷои кор, дараҷаву унвони илмӣ, суроға, рақами телефон, e-mail ва имзои муаллиф ҷой дода мешаванд.

Ҳайати таҳририя ҳуқуқ дорад, ки мақолаҳои илмиро ихтисору ислоҳ намояд ва ё мустақилона барои тақризи иловагӣ фиристонад.

Мақолаҳое, ки сатҳи илмии онҳо ҷавобгӯи талабот нест, ба нашр расонида намешаванд.

Дастхати мақолаҳо баргардонида намешаванд.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

В серии естественных наук научного журнала «Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава» печатаются статьи, содержащие результаты научных исследований по математическим, физическим, технологическим, химическим и биологическим наукам, истории науки и техники.

При отправке статьи в редакцию авторам необходимо соблюдать следующие правила:

Объем статьи не должен превышать 15 страниц компьютерного текста, включая текст, таблицы, библиографию, рисунки и тексты аннотаций на таджикском, русском и английском языках.

Статья должна быть подготовлена в системе Microsoft Word. Одновременно с распечаткой статьи сдается электронная версия статьи. Рукопись должна быть отпечатана на компьютере (гарнитура Times New Roman 14, формат А4, интервал одинарный, поля: верхнее-3 см, нижнее-2,5 см, левое-3 см, правое-2 см), все страницы статьи должны быть пронумерованы.

Сверху страницы по центру листа указывается название статьи, ниже через один интервал инициалы и фамилии автора (авторов). Далее через строку следует основной текст.

Ссылки на цитируемую литературу даются в квадратных скобках, например, [1, с.10]. Список литературы приводится общим списком после основного текста (под заголовком «Литература») в порядке упоминания в тексте.

К статье прилагается резюме на таджикском, русском и английском языках с указанием названия статьи. Текст резюме приводится в конце статьи после списка использованной литературы. В конце резюме приводятся ключевые слова (до 10 слов) и сведения об авторе (авторов) на таджикском, русском и английском языках.

Научные статьи, представленные в редакцию журнала, должны иметь экспертное заключение, авторскую справку и отзыв специалистов о возможности опубликования.

В конце статьи приводятся сведения об авторе (авторах) с указанием ученой степени, ученого звания, должности, названия организации, адреса, телефона, e-mail.

Редколлегия оставляет за собой право производить сокращения и редакционные изменения статьи.

Статьи, не отвечающие настоящим требованиям, редколлекцией не принимаются.

Рукописи не возвращаются.

МУНДАРИЧА

МАТЕМАТИКА

МАТЕМАТИКА

Хайруллоев Ш.А. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНЫХ ПАР К ОЦЕНКЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИХ СУММ.....	5
Сайдалиев Х.П. ПОЛУЧЕНИЕ ТОЧНОЕ РЕШЕНИЕ СИСТЕМА УРАВНЕНИЙ МАКСВЕЛЛА МЕТОДОМ РАЗЛОЖЕНИЯ ПО ЭЛИПТИЧЕСКИМ ФУНКЦИЯМ ЯКОБИ.....	10
Туйчиев О.Дж. СИНГУЛЯРНО ВОЗМУЩЕННОЕ ИНТЕГРАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ С ВЫРОЖДАЮЩИМСЯ ЯДРОМ.....	13
Зарифзода С.Қ., Розиков М.Т. ҲАЛҲОИ ОШҚОРОИ ЯК СИНФИ МУОДИЛАҲОИ ДИФФЕРЕНСИАЛИИ ТАРТИБИ ЯКУМ БО СЕ НУҚТАИ МАХСУС ВА МУОДИЛАИ БА ОН ҲАМРОҲШУДА.....	20
Ҳакимова О.Ҳ. БАҲОДИҲИИ АПРИОРИИ МАСЪАЛАИ КАНОРИИ ҒАЙРИХАТТӢ БАРОИ МУОДИЛАИ ДИФFUЗИЯ.....	27
Мусоев С.С. ТАҲҚИҚИ АМСИЛАИ МАТЕМАТИКИИ МАСЪАЛАИ МУҲОФИЗАТИ ЗИРОАТҲОИ ПОЛЕЗӢ АЗ ҲАШАРОТИ ЗАРАРАСОН ДАР ҲОЛАТИ СТАТСИОНАРӢ БО ФУНКСИЯИ ТРОФИКИИ НАМУДИ ХОЛЛИНГ II (Н-II).....	30

ФИЗИКА

ФИЗИКА

Исломов С. ШИША НУРИ ДИДАГОН, ГАРМИИ ХОНАДОН ВА СОФИИ ОСМОН АСТ.....	37
Бахдавлатов А.Д., Сафаров А.Г., Ботуров К., Рузиев К.А., Давлатмамадова С.Ш. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТЕНИЯ ГОРЕЦ ПТИЧИЙ, МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ.....	42
Тохтаров С.Т. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТЬ ВОЛОКНА НА СТЕПЕНЬ ОЧИЩАЕМОСТИ ХЛОПКА-СЫРЦА.....	46
Шарипов Ф.Б. ДИНАМИКАИ МЕХАНИЗМИ САЙӢРАВӢ БО ВОДИЛАИ ТАРКИБӢ БАРОИ БА ҲАРАКАТ ОВАРДАНИ ДАСТГОҲҲОИ БУРРАНДА.....	50
Файзова М.А. АДСОРБИЦИОННЫЕ СВОЙСТВА НАНОЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ.....	54

ХИМИЯ

ХИМИЯ

Ганиев И.Н., Шарифзода Н.В., Бердиев А.Э., Давлатзода Ф.С. ВЛИЯНИЕ ТИТАНА НА МИКРОСТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦИНКОВОГО СПЛАВА ЦАМСВ4-1-2,5	60
Абулхаев В.Д., Назарзода Х.Х. КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА АНТИМОНИДОВ СОСТАВА $Gd_4Sb_3 - Ln_4Sb_3$ ($Ln = Tb, Dy$).....	64
Тиллобоев Х.И., Назаров Х.М., Ишратов И.М., Шафиев Ф.З., Мирсаидзода И. СИФАТИ ОБҲОИ ЗАХИРАВИИ ФАРОМАРЗӢ ДАР ВИЛОЯТИ СУҒД.....	69

Абдухоликова П.Н.
ТЕПЛОЁМКОСТЬ И КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛООТДАЧИ ЦИНКОВОГО СПЛАВА
ЦАМСВ4-1-2,5 С ГАЛЛИЕМ.....72

Аминова Н.А.
ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК СТРОНЦИЯ НА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА ЦИНКОВОГО СПЛАВА ЦАМСВ4-1-2,5.....78

БИОЛОГИЯ

БИОЛОГИЯ

Хидирзода М.С., Изатуллои Махмадзамонзода, Хусейнова Ш.Т.
ГУНОГУНИИ МОРФОЛОГИЮ БИОЛОГИИ ОБСАБЗҶО ВА ФАРЗИЯҶОИ ПАЙДОИШИ
РАСТАНИҶОИ ОЛӢ.....85

Исмадова Ш.Ш.
СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В
ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН.....87

ТАЪРИХИ ИЛМ ВА ТЕХНИКА

ИСТОРИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ

Шарипова М.С.
ТАЪРИХИ ПАЙДОИШИ АВВАЛИН СОМОНАҶОИ САӢӢӢӢ ВА СИСТЕМАҶОИ
ОНЛАЙНӢ ДАР САМТИ ХИЗМАТРАСОНИИ СОҶАИ САӢӢӢӢ.....96

БА ТАВАЧҶУҶИ МУАЛЛИФОН.....100

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ.....100

МУАССИСИ МАҶАЛЛА:

МДТ «Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав»
Суроға: 735140, вилояти Хатлон, ш. Бохтар, кӯчаи Айнӣ, 67, бинои асосии донишгоҳ.

НОШИР:

Маркази таъбу нашр, баргардон ва тарҷумаи МДТ «Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав»

Суроға: 735140, вилояти Хатлон, ш. Бохтар, кӯчаи Айнӣ, 67, бинои асосии донишгоҳ, ошёнаи дуҷум.

Маҷалла дар Маркази таъбу нашр, баргардон ва тарҷумаи МДТ «Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав» тарҳрезии компютерӣ ва саҳифабандӣ шуда, дар ҶДММ «Матбаа», бо суроғаи ш. Бохтар, кӯчаи Осимӣ, 22А, нашр мегардад.

Ба чоп 29.03.2025 таҳвил шуд. Чопи офсетӣ.

Андозаи 60x84/8. Ҷузъи чопӣ 13,0.

Индекс 77737. Адади нашр 500 нусха.

Журнал отпечатан в ООО «Матбаа», г. Бохтар.

Индекс 77737. Тираж 500 экз.

The magazine was printed in LLC «Matbaa», Bokhtar.

Index 77737. Circulation 500 copies.