

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АРМЕНИИ
NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE OF ARMENIA

ISSN 0321-1339

ՉԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ
REPORTS

Համար
Том
Volume

122

№ 1

2022

Ереван

Երևան

Yerevan

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ
ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱ

ՋԵԿՈՒՅՑՆԵՐ

ՀԱՏՈՐ 122

№ 1

ՀՀ ԳԱԱ «ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ» ՀՐԱՏԱՐԱԿԶՈՒԹՅՈՒՆ
ԵՐԵՎԱՆ 2022

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ
NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF ARMENIA

ДОКЛАДЫ REPORTS

ТОМ 122
VOLUME

№ 1

ИЗДАТЕЛЬСТВО "ГИТУТЮН" НАН РА
ЕРЕВАН 2022

Հիմնադրվել է 1944 թ.: Լույս է տեսնում տարին 4 անգամ

Основан в 1944 г. Выходит 4 раза в год

Founded in 1944. Published quarterly

Գլխավոր խմբագիր՝ ակադեմիկոս Ռ. Մ. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ

Խմբագրական խորհուրդ՝ ակադեմիկոս Գ. Ե. ԲԱԴՅԱՆՅԱՆ, ակադեմիկոս Վ. Ս. ԶԱԲԱՐՅԱՆ, ակադեմիկոս Լ. Ա. ԹԱՎԱԴՅԱՆ, ՀՀ ԳԱԱ թղթ. անդամ Ռ. Մ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, ակադեմիկոս Է. Մ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, ՀՀ ԳԱԱ թղթակից անդամ Լ. Ռ. ՄԱՆՎԵԼՅԱՆ (գլխ. խմբագրի տեղակալ), ակադեմիկոս Յու. Հ. ՇՈՒԹՈՒՐՅԱՆ, ակադեմիկոս Յու. Մ. ՍՈՒՎԱՐՅԱՆ, Գ.Ա.ԱԲՐԱՎՅԱՆՅԱՆ (պատ. քարտուղար)

Главный редактор академик Р. М. МАРТИРОСЯН

Редакционная коллегия: чл.-кор. НАН РА Р. М. АРУТЮНЯН, академик Г. Е. БАГДАСАРЯН, академик В. С. ЗАХАРЯН, академик Э. М. КАЗАРЯН, чл.-кор. НАН РА Л. Р. МАНВЕЛЯН (зам. главного редактора), академик Ю. М. СУВАРЯН, Л. А. ТАВАДЯН, академик Ю. Г. ШУКУРЯН, Г. А. АБРАМЯН (отв. секретарь)

Editor-in-chief academician R. M. MARTIROSYAN

Editorial Board: corresponding member of NAS RA R. M. AROUTIOUNIAN, academician G. E. BAGDASARIAN, academician E. M. KAZARYAN, corresponding member of NAS RA L. R. MANVELYAN (associate editor), academician Yu. H. SHOUKOURIAN, academician Yu. M. SUVARYAN, academician L. A. TAVADYAN, academician V. S. ZAKARYAN, G. A. ABRAHAMYAN (executive secretary)

Խմբագրության հասցեն՝ 0019, Երևան 19, Մարշալ Բաղրամյան պող. 24գ

Адрес редакции: 0019, Ереван 19, просп. Маршала Баграмяна 24г

Communication links: address – 24g Marshal Bagramian Ave., Yerevan, 0019, Armenia

Phone:(37410)56-80-67*URL:*<http://elib.sci.am> *e-mail:* rmas@sci.am

© НАН РА. Президиум. 2022

© Издательство “Гитутюн”

НАН РА. 2022

Հայաստանի ԳԱԱ Ձեկույցներ

Հատոր 122, N 1, 2022

Հրատ. պատվեր N 1116

Խմբագրումը և սրբագրումը՝
Ա.Ապիյան, Ա. Սահակյան

Համակարգչային էջադրումը՝ Վ. Պասյանի

Ստորագրված է տպագրության
2022

Ծավալը՝ տպ. մամուլ: Տպաքանակը՝ 150: Գինը՝ պայմանագրային:

ՀՀ ԳԱԱ «Գիտություն» հրատարակչության տպարան
Երևան, Մարշալ Բաղրամյան պող. 24

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Հ. Կ. Մահակյան, Ժ. Գ. Մարգարյան – Բազմությունների անկախ շրջակայքեր B ⁿ խմբում	7
Ն. Ա. Խանդանյան, Ժ. Գ. Մարգարյան, Հ. Կ. Մահակյան – Խնդիր բուլյան հավաքածուների նույնատիպ հարևան զույգերի քանակների վերաբերյալ	11

ՄԵԽԱՆԻԿԱ

Ա. Ա. Ղուկասյան – Առաձգական էլեմենտներով բազմօղակ մանիպուլյատորի ճշգրտված մոդելներ և շարժման կինեմատիկական անալիզ	14
---	----

ԱՍՏՂԱՖԻԶԻԿԱ

Ա. Ա. Հակոբյան – Աստղասփյուռներ, հայտնագործության պատմությունը և հեռանկարները	28
---	----

ՆԵՅՐՈՔԻՄԻԱ

Գ. Հ. Դանագուլյան, Ռ. Գ. Պարոնիկյան, Ա. Պ. Բոյախյան, Բ. Մ. Նազարյան, Վ. Կ. Ղարիբյան – Ազոլո[1,5-a]պիրիմիդինների և դրանց ալկիլման արգասիքների սինթեզը և հակացնցումային հատկությունների ուսումնասիրությունը	41
---	----

ՎԻՐՈՒՄԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Է. Ա. Արաբյան – Ապիգենինի և գենիստեինի սիներգիստիկ հակավիրուսային ազդեցությունը խոզերի աֆրիկյան ժանտախտի վիրուսի <i>in vitro</i> վարակի վրա	49
---	----

ԲՈՒՄԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ա. Մ. Հայրապետյան, Հ. Հ. Սոնյան, Ա. Հ. Մուրադյան – Հայաստանի ծառերի և թփերի ներկայացուցիչների ծաղկափռու ուսումնասիրությունը (Angiospermae. XIII. Rosaceae. Sorbus ցեղը)	57
Ա. Մ. Հայրապետյան, Ա. Հ. Մուրադյան – Հայաստանի ֆլորայի (Iridaceae) <i>Gladiolus</i> L. ցեղի երկու հազվագյուտ տեսակների ծաղկափռու մորֆոլոգիան	65

ՏՆՏԵՄԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ

Յու. Մ. Մուվաբյան – ՀՀ զինված ուժերի պետական կառավարման հիմնախնդիրներ	73
---	----

ՊԱՏՄՈՒԹՅՈՒՆ

Ա. Ա. Մահակյան – Երկրաշարժի ընկալումը միջնադարյան Հայաստանում	87
---	----

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА	
<i>О. К. Саакян, Ж. Г. Маргарян</i> – Независимые окрестности множеств в группе B^n ...	7
<i>Н. А. Ханданян, Ж. Г. Маргарян, О. К. Саакян</i> Задача о количестве одинаковых последовательных пар в булевых коллекциях	11
МЕХАНИКА	
<i>А. А. Гукасян</i> – Уточненные модели многозвенного манипулятора с упругими элементами и кинематический анализ движений	14
АСТРОФИЗИКА	
<i>А. А. Акопян</i> – Звездные ассоциации: история открытия и перспективы	28
НЕЙРОХИМИЯ	
<i>Г. Г. Данагулян, Р. Г. Пароникян, А. П. Бояхчян, И. М. Назарян, В. К. Гарибян</i> – Синтез и исследование противосудорожной активности азоло[1,5-а]пиримидинов и продуктов их алкилирования	41
ВИРУСОЛОГИЯ	
<i>Э. А. Арабян</i> – Синергистическое антивирусное воздействие апигенина и генистеина на вирус африканской чумы свиней <i>in vitro</i>	49
БОТАНИКА	
<i>А. М. Айрапетян, А. О. Сонян, А. Г. Мурадян</i> – Морфология пыльцы деревьев и кустарников Армении (Angiospermae. XIII. Rosaceae. <i>Pod Sorbus</i>)	57
<i>А. М. Айрапетян, А. Г. Мурадян</i> – Морфология пыльцы двух редких видов рода <i>Gladiolus</i> L. (Iridaceae) флоры Армении	65
ЭКОНОМИКА	
<i>Ю. М. Суварян</i> – Проблемы государственного управления вооруженными силами РА	73
ИСТОРИЯ	
<i>А. С. Саакян</i> – Восприятие землетрясения в средневековой Армении	87

C O N T E N T S

MATHEMATICS

<i>H. K. Sahakyan, Zh. G. Margaryan</i> – Independent Neighbourhoods of Sets in B^n Groups ..	7
<i>H. A. Khandanyan, Zh. G. Margaryan, H. K. Sahakyan</i> – A Problem on the Amounts of the Same Consecutive Pairs in Boolean Collections	11

MECHANICS

<i>A. A. Ghukasyan</i> – Refined Models of a Multi-Link Manipulator with Elastic Elements and Kinematic Analysis of Movements	14
---	----

ASTROPHYSICS

<i>A. A. Akopian</i> – Stellar Associations: History of Discovery and Prospects	28
---	----

NEUROCHEMISTRY

<i>G. G. Danagulyan, R. G. Paronikyan, A. P. Boyakhchyan, I. M. Nazaryan, V. K. Gharibyan</i> – Synthesis and Study of the Anticonvulsant Activity of Azolo[1,5-a]pyrimidines and Their Alkylation Products	41
---	----

VIROLOGY

<i>E. A. Arabyan</i> – Synergistic Action of Apigenin and Genistein on the African Swine Fever Virus Infection <i>in vitro</i>	49
--	----

BOTANY

<i>A. M. Hayrapetyan, H. H. Sonyan, A. H. Muradyan</i> – Pollen of Trees and Shrubs of Armenia (Angiospermae. XIII. <i>Rosaceae</i> . Genus <i>Sorbus</i>)	57
<i>A. M. Hayrapetyan, A. H. Muradyan</i> – Pollen Morphology of Two Rare Species of the genus <i>Gladiolus</i> L. (Iridaceae) of the Flora of Armenia	65

ECONOMY

<i>Yu. M. Suvaryan</i> – Basic Issues of State Management of RA Military Forces	73
---	----

HISTORY

<i>A.S. Sahakyan</i> – Earthquake Perception in Medieval Armenia	87
--	----

MATHEMATICS

УДК 621.391.15

DOI: 10.54503/0321-1339-2022.122.1-7

H. K. Sahakyan, Zh. G. Margaryan

Independent Neighbourhoods of Sets in B^n Groups

(Submitted by academician S. K. Shoukourian 21/I 2022)

Keywords: additive channels, perfect codes, first order neighbourhoods, independent neighbourhoods.

Introduction. Saying B_2^n we mean the set of all vectors having the members of the set $\{0,1\}$ with the length n . We define the sum of two vectors as the sum of corresponding members by modulo 2. For instance, $0110 + 1010 = 1100$. It is obvious that $\langle B_2^n, + \rangle$ is a group, having $00\dots 0$ as its unit, and $a^{-1} = a$. We define the norm of a vector as the sum of its elements.

Definition 1 (a good set). We call the set $B \subset B_2^n$ ($|B| \geq 2$) a good set for the set A , if for $\forall \alpha, \beta \in B$ ($\alpha \neq \beta$) there $\alpha + \beta \in A$.

For instance, the set $B = \{001, 010, 110\}$ is good for $A = \{011, 111, 010\}$.

Definition 2 (a bad set). The set $C \subset B_2^n$ ($|C| \geq 2$) is bad for the set A , if for $\forall \alpha, \beta \in C$ ($\alpha \neq \beta$) there $\alpha + \beta \notin A$:

For instance, the set $C = \{011, 000, 111\}$ is bad for the set $A = \{010, 101, 110\}$.

Definition 3. For a given set D , the following set

$$D^* = \{x + y \mid x, y \in D, x \neq y\} \quad (1)$$

is called a neighbourhood of the first order, and it is denoted by the asterisk*.

Definition 4. We call the given sets $B, C \subset B_2^n$ a good pair and we denote them by $\langle B, C \rangle$ if such a set A exists for which B is good and C is bad. And we consider C as a good complement for B .

Property 1. Using the definition of a neighbourhood, we can define the idea of a good pair in another way:

$$\langle B, C \rangle \Leftrightarrow B^* \subset \overline{C^*}, \quad (2)$$

or in this way, which is the same:

$$\langle B, C \rangle \Leftrightarrow B^* \cap C^* = \emptyset. \quad (3)$$

That is, the neighbourhoods of B and C are independent. We can take as A any set that satisfies the condition $B^* \subset A \subset \overline{C^*}$. Note that a good pair is

equivalent to an additive channel [1] (there does not exist $b_1, b_2 \in B$ and $c_1, c_2 \in C$ for which $b_1 + c_1 = b_2 + c_2$).

It is easily can be seen that $B^* = (B + b)^*$, thus we can always assume that $0 \in B$ and $0 \in C$.

Property 2. One can see from (3) that if $\langle B, C \rangle$ is a good pair, then the pair $\langle B', C' \rangle$ is a good pair as well, for any $B' \subset B$ and $C' \subset C$ sets.

Theorem 1. The following is true for arbitrary sets B, C :

$$\langle B, C \rangle \Leftrightarrow |B| \cdot |C| = |B + C|, \quad (4)$$

where $B + C = \{b + c \mid b \in B, c \in C\}$.

Definition 5. We call the pair $\langle B, C \rangle$ completely good pair if $|B| \cdot |C| = 2^n$. Respectively, we call C a completely good complement.

Examples can be constructed by viewing Hamming codes [2] and Golay code [3] as a codes in additive channel. There are also examples not related to perfect codes:

$$\begin{aligned} B &= \{000000, 000001, 000010, 000011, \\ &\quad 000100, 000101, 000110, 000111, \\ &\quad 001000, 001001, 001010, 001011, \\ &\quad 010000, 010010, 100000, 100010\} \\ C &= \{000000, 101100, 110001, 011111\} \\ &\quad |B||C| = 2^6. \end{aligned}$$

Definition 6. We call $C' \subset L(B)$ a partially good complement for B if $\langle B, C' \rangle$ is a good pair and $|B| \cdot |C'| = 2^r$, where r is the rank of B and $L(B)$ is the linear span of B .

It turns out that the problem of finding a partially good complement is equivalent to the problem of finding a completely good complement.

Theorem 2. Let the set B ($|B| = 2^m$) be given; to have a completely good complement for B , it is necessary and sufficient to have a partially good complement for B .

When constructing a good pair with given B , it is easily seen that number of existing C sets is dependent on the number of zero-sum subsets in set B , e.g., when $n = 3$ and $B = \{a, b, c, d\}$ if $a + b + c + d \neq 0$ then there is only one possible C , $C = \{0, a + b + c + d\}$. But if $a + b + c + d = 0$, then there are four possible C sets.

Definition 7. We call $B_0 = \{x_1, x_2, \dots, x_k\}$ a subset with zero sum for the set $B \subset B_2^n$ if:

$$\begin{aligned} 0 &\notin B_0, \\ x_1 + x_2 + \dots + x_k &= 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Definition 8. We denote the number of the zero-sum subsets of the given set $B \subset B_2^n$ by t_k^B .

Obviously, t_k^B makes sense only if k is less than $|B|$. We take $t_0^B = 1$.

Property 3. One can easily see that $t_1^B = t_2^B = 0$.

Let us consider the following case: $B = B_2^n$ ($n \geq 2$). We will write t_k instead of $t_k^{B_2^n}$ for simplicity. The following equation is valid for $k > 2$:

$$t_k = \frac{C_{2^n-1}^{k-1} - (2^n - 1 - (k-2))t_{k-2} - t_{k-1}}{k} . \quad (6)$$

Using (6), we can find all the t_k , because we know t_1 and t_2 (Property 3):

$$t_0 + t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_{2^n-1} = 2^{2^n-1-n}. \quad (7)$$

It turns out that (7) is valid for the general case.

Theorem 3. For any set $B \subset B_2^n$, the sum of the numbers t_k^B is

$$t_0^B + t_1^B + \dots + t_{|B|}^B = 2^{|B \setminus \{0\}| - \text{rank}(B)} . \quad (8)$$

Yerevan State University

e-mails: hovhannes1417@gmail.com,

jiromr@mail.ru

H. K. Sahakyan, Zh. G. Margaryan

Independent Neighbourhoods of Sets in B^n Groups

The paper considers the structural problems and cardinality problems of pairs of non-empty subsets with certain restrictions with respect to the B_2^n space where the sum is by modulo 2. The described subsets are related, in many cases, to the construction of error-correcting codes on additive communication channels, and to the quantitative bounds of their cardinality.

Հ. Կ. Սահակյան, Ժ. Գ. Մարգարյան

Բազմությունների անկախ շրջակայքեր B^n խմբում

Դիտարկված են B_2^n տարածության ըստ երկու մոդուլի գումարման նկատմամբ, որոշակի սահմանափակումներով, ոչ դատարկ ենթաբազմությունների զույգերի հզորությունների և կառուցվածքային խնդիրներ: Նկարագրված ենթաբազմությունները առնչվում և շատ դեպքերում օգնում են աղիտիվ կապի գծերում սխալների ուղղող կոդերի կառուցման և նրանց հզորությունների քանակական գնահատման խնդիրներին:

Օ. Կ. Տաակյան, Զ. Գ. Մարգարյան

Независимые окрестности множеств в группе B^n

Рассмотрены структурные проблемы и проблемы мощности пар непустых подмножеств с некоторыми ограничениями относительно пространства B_2^n , где сумма по модулю два. Описанные подмножества связаны во многих случаях с построением кодов исправления ошибок на аддитивных линиях связи и с количественной оценкой их мощности.

References

1. *Leontiev V. K., Movsisyan G. L., Margaryan Zh. G.* – The Reports of NAS RA. 2010. V.110. № 4. P. 334-339.
2. *Hamming R.W.* – The Bell System Technical Journal. 1950. V. 29. №2. P. 149-154.
3. *Golay M. J. E.* – Notes on digital coding. IEEE Information Society Newsletter. 1949. V. 37. № 6. P. 657.

УДК 621.391.15

DOI: 10.54503/0321-1339-2022.122.1-11

H. A. Khandanyan, Zh. G. Margaryan, H. K. Sahakyan

A Problem on the Amounts of the Same Consecutive Pairs in Boolean Vectors

(Submitted by academician S. K. Shoukourian 21/I 2022)

Keywords: *neighbor pairs, neighbor triples.*

Let we have a $\alpha \in B^n$ vector: α has x 11, y 10, z 01, and t 00 neighbor pairs. Obviously, $x + y + z + t = n - 1$. Let us find out whether there exists an α vector for the given quad (x, y, z, t) , and if yes, find the amount of them. We will also discuss the case when the vector α is cyclic; naturally, $x + y + z + t = n$ for this case.

Theorem 1. *For the given quad (x, y, z, t) there exists an α vector iff $|y - z| \leq 1$ and if $y = z = 0$; then $x \times t = 0$.*

Proof. First, we will show, that if exists α vector, then $|y - z| \leq 1$. Let's assume there exists equal numbers in consecutive places ($x + t \neq 0$), when we remove one of them and recalculate x, y, z, t for resulting vector y and z will stay the same, and $x + t$ will decrease by one. We will do this till $x + t$ is zero. Now resulting vector is alternating ones and zeros, e.g., 101010101. Obviously $|y - z| \leq 1$.

$y - z = -1$, if first number of α is 1 and last is 0,

$y - z = 0$, if first and last numbers of α are equal,

$y - z = 1$, if first number of α is 0 and last is 1.

Let us find out the amount of α vectors corresponding to the quad (x, y, z, t) .

Theorem 2. *Let we have a (x, y, z, t) quad. Then the amount of the α vectors is:*

1, if $y + z = 0$ and $x \times t = 0$,

$C_{x+y-1}^{y-1} \times C_{t+y-1}^{y-1}$, if $y - z = 1$,

$$C_{x+y-1}^{y-1} \times C_{t+y}^y + C_{x+y}^y \times C_{t+y-1}^{y-1}, \quad \text{if } y = z = 0,$$

$$C_{x+y}^y \times C_{t+y}^y, \quad \text{if } y - z = -1.$$

Theorem 3. For the given number n , the number of corresponding quads is $3k^2 + 2k + 2$, if $n = 2k + 1$ and $3k^2 - k + 2$, if $n = 2k$.

Let us formulate the theorems for the corresponding cyclic vectors. The 3 theorems presented below answer to these questions.

Theorem 4. There exists a cyclic α vector for the quad (x, y, z, t) iff $(y + z = 0 \text{ and } x \times t = 0) \text{ or } y = z$.

Theorem 5. The amount of the cyclic vectors α corresponding to the quad (x, y, z, t) is:

$$1, \text{ if } y + z = 0 \text{ and } x \times t = 0,$$

$$C_{x+y-1}^{y-1} \times C_{t+y-1}^{y-1}, \quad \text{if } y = z.$$

Theorem 6. For the given number n , the number of the corresponding quads is $k^2 + 2$, if $n = 2k$ and $k^2 + k + 2$, if $n = 2k + 1$.

Now let us consider the same problem for the triples. We have the vector $\alpha \in B^n$. α has c_{000} 000, c_{001} 001 and so on. It is clear that $\sum_i c_i = n - 2$. Let us find out for what c_i s there exists an α vector. We make the following denotations:

$$b_{00} \equiv c_{100} - c_{001},$$

$$b_{01} \equiv c_{001} + c_{101} - c_{011} - c_{010},$$

$$b_{10} \equiv c_{010} + c_{110} - c_{101} - c_{100},$$

$$b_{11} \equiv c_{011} - c_{110}.$$

Theorem 7. For the given octad $(c_{000}, c_{001}, c_{010}, c_{011}, c_{100}, c_{101}, c_{110}, c_{111})$ there exists an α vectors iff the following conditions are satisfied:

1. If $c_{001} = c_{100} = 0$, then either $c_{000} = n - 2$, or $c_{000} = 0$,
2. If $c_{110} = c_{011} = 0$, then either $c_{111} = n - 2$, or $c_{111} = 0$,
3. $|b_i| \leq 1$,
4. only one of the numbers b_i can have the value 1,
5. only one of the numbers b_i can have the value -1.

Yerevan State University

e-mails: khandanyan1998@gmail.com, jiromr@mail.ru,

hovhannes1417@gmail.com

H. A. Khandanyan, Zh. G. Margaryan, H. K. Sahakyan

**A Problem on the Amounts of the Same Consecutive
Pairs in Boolean Vectors**

In this paper, the set of Boolean vectors is mapped onto the set of non-negative integer quartets, octets of numbers, where the elements of the set are the numbers of three consecutive or similar cyclically adjacent pairs of triples. The properties of the images of such representations are studied, and the values of their cardinalities are given.

Ն. Ա. Խանդանյան, Ժ. Գ. Մարգարյան, Հ. Կ. Սահակյան

**խնդիր բուլյան հավաքածուների նույնատիպ հարևան զույգերի
քանակների վերաբերյալ**

Բուլյան հավաքածուների բազմությունն արտապատկերված է ոչ բացասական ամբողջ տարրերով քառյակների, ությակների հավաքածուների բազմության մեջ, որտեղ հավաքածուի տարրերը բուլյան հավաքածուի հաջորդական կամ նույնատիպ ցիկլիկ հարևան զույգերի և եռյակների քանակներն են: Ուսումնասիրվել են այդպիսի արտապատկերումների պատկերների և նախապատկերների հատկությունները, բերված են նրանց հզորությունների արժեքները:

Н. А. Ханданян, Ж. Г. Маргарян, О. К. Саакян

**Задача о количестве одинаковых последовательных
пар в булевых коллекциях**

Множество булевых наборов отображено на множестве неотрицательных целых квартетах, октетах чисел, где элементами набора являются номера трех последовательных или подобных циклически соседних пар троек. Изучены свойства образов таких представлений, приведены значения их мощностей.

References

1. *Hamming R. W.* – The Bell System Technical Journal. 1950. V. 29. №2. P. 149-154.
2. *Golay M. J. E.* – IEEE Information Society Newsletter. 1949. V. 37. № 6. P. 657.
3. *Leontiev V. K., Movsesyan G. L., Margaryan Zh. G.* – The Reports of NAS RA. 2010. V. 110. № 4. P. 334-339.
4. *Leontiev V. K., Movsesyan G. L., Margaryan Zh. G.* – Proceedings of the YSU. Physical and Mathematical Sciences. 2012. V. 46. № 1. P. 16-19.
5. *Leontiev V. K., Movsesyan G. L., Margaryan Zh. G.* – Proceedings of the YSU. Physical and Mathematical Sciences. 2012. V. 46. № 2. P. 14-21.

А. А. Гукасян

(Представлено академиком Л. А. Агаловяном 1/II 2022)

Ключевые слова: *многозвенный манипулятор, уточненная модель, упругие звенья манипулятора, упругие соединительные шарниры, кинематика.*

Введение. При движении манипуляторов в ряде случаев существенное значение имеет упругая податливость конструктивных элементов, которая должна учитываться при разработке системы управления. Колебательные процессы, вызванные упругой податливостью конструкции, существенно влияют на такие важнейшие характеристики робота, как точность выполнения рабочих операций, быстродействие, экономичность [1-9]. Исследования показывают, что упругая податливость конструкции манипулятора обусловлена различными факторами, которые можно разделить на две группы: упругая податливость соединительных узлов и упругая податливость звеньев. К упругой податливости узлов (шарниров) отнесем все факторы, действующие в узлах (соединениях) роботов: упругость шарниров, редукторов приводов, уплотнений и т.д. Таким образом, упругость узлов будет носить сосредоточенный характер [1, 2, 5, 6]. Упругость же звеньев манипулятора распределена по всей длине звеньев и должна учитываться в рамках методов теории упругости и сопротивления материалов [3, 4, 7-12]. Возможно, что в будущем получат распространение «гибкие» манипуляторы с легкими звеньями, изготовленные из новых конструкционных элементов. Звенья таких роботов будут обладать значительной упругой податливостью. Обеспечение высокой точности позиционирования и достаточного быстродействия гибких роботов возможно только за счет специальных режимов управления, осуществляющих гашение упругих колебаний в процессе движения манипулятора. Сказанное обуславливает актуальность научных исследований по кинематике, динамике и управлению движением роботов с упругими свойствами с применением

асимптотических методов и методов управления системами с распределенными параметрами [13-18].

1. Кинематическая модель многозвенного манипулятора с абсолютно твердыми звеньями и идеальными шарнирами. Рассматривается управляемое движение многозвенного манипулятора, звенья которого считаются абсолютно твердыми телами, соединенными идеальными цилиндрическими шарнирами (рис. 1). Линейные размеры звеньев обозначим через l_i ($i = 1, 2, \dots, N$), соответственно.

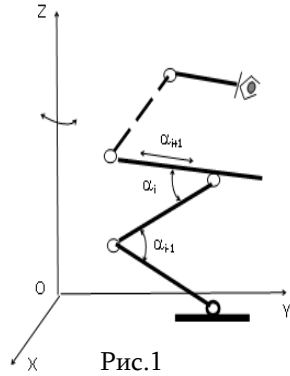


Рис.1

В конце N -ого звена расположен схват с грузом.

Обобщенные координаты, определяющие конфигурацию манипулятора и положение основания в системе координат $OXYZ$, которые как обычно представляют собой совокупность углов относительных поворотов и линейных относительных перемещений звеньев, а также декартовы координаты основания. обозначим через α_i ($i = 1, 2, \dots, n; n \geq N$),

Положение инерционных элементов и груза на схвате манипулятора в инерциальной системе координат $OXYZ$ определим координатами q_j ($j = 1, 2, \dots, m$) (некоторые из степеней свободы могут быть безынерционными, т.е. некоторым α_i отвечают нулевые массы). q_j ($j = 1, 2, \dots, m$) – координаты центра масс звеньев и груза, а также углы Эйлера, задающие ориентацию схвата. Через векторные переменные $\mathbf{a} = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)^T$, $\mathbf{q} = (q_1, q_2, \dots, q_m)^T$ (символ T означает транспонирование) кинематику движения манипулятора можно определить соотношением

$$\mathbf{q} = \mathbf{f}(\mathbf{a}), \quad (1.1)$$

где $\mathbf{f}(\mathbf{a})$ – заданная m -мерная вектор-функция от вектора аргумента $\mathbf{a}$, структура которой зависит от выбора обобщенных координат схвата и манипулятора, а также от геометрии манипулятора.

Если задан $\mathbf{a}$ -вектор обобщенных координат, то вектор $\mathbf{q}$ определяется однозначно. Решение обратной задачи является неоднозначным, поскольку каждому состоянию захватного устройства манипулятора отвечает некоторое множество конфигураций $G = \{\mathbf{a}\}, \alpha_i \in Q_i$. Единственность решения обратной задачи может быть достигнута путем дополнительного требования к построению программного движения, например, определения оптимальной и устойчивой траектории манипулятора [1, 14-16].

1.2. Обобщенные скорость и ускорение. Из (1.1) следует, что обобщенные скорость и ускорение движений инерционных элементов манипулятора определяются соотношениями

$$\dot{\mathbf{q}} = \mathbf{F}(\mathbf{a})\dot{\mathbf{a}}, \quad \ddot{\mathbf{q}} = \frac{d\mathbf{F}(\mathbf{a})}{dt}\dot{\mathbf{a}} + \mathbf{F}(\mathbf{a})\ddot{\mathbf{a}}, \quad (1.2)$$

где
$$\mathbf{F}(\mathbf{a}) = \left\{ \frac{\partial f_i(\mathbf{a})}{\partial \alpha_j} \right\} \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n), \quad (1.3)$$

$\mathbf{F}(\mathbf{a})$ – якобиан. Будем предполагать, что матрица $\mathbf{F}(\mathbf{a})$ с размерностями $(m \times n)$ имеет максимальный ранг $\text{rang} \mathbf{F}(\mathbf{a}) = \min(m, n)$.

Компоненты обобщенной скорости движения схвата манипулятора определяются из (1.1), (1.2), (1.4) и имеют вид

$$\dot{q}_i = \sum_{j=1}^n \frac{\partial f_i(\mathbf{a})}{\partial \alpha_j} \dot{\alpha}_j \quad (i = 1, 2, \dots, m). \quad (1.4)$$

Имея компоненты вектора скорости характерных точек манипулятора и схвата (1.4), можно стандартным образом определить модуль и направление вектора скорости движения в пространстве

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}^1(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}). \quad (1.5)$$

Компоненты обобщенного ускорения движения характерных точек и схвата манипулятора определяются согласно (1.1), (1.3), (1.4) и имеют вид

$$\ddot{q}_i = \sum_{j=1}^n \left[\frac{\partial f_i(\mathbf{a})}{\partial \alpha_j} \ddot{\alpha}_j + \left(\sum_{l=1}^n \frac{\partial^2 f_i(\mathbf{a})}{\partial \alpha_j \partial \alpha_l} \dot{\alpha}_l \right) \dot{\alpha}_j \right] \quad (i = 1, 2, \dots, m), \quad (1.6)$$

Ускорения движений характерных точек и схвата манипулятора (1.6) зависят от обобщенных координат $\mathbf{a}$, обобщенных скоростей $\dot{\mathbf{a}}$ и ускорений $\ddot{\mathbf{a}}$ изменений конфигураций манипулятора. (1.6) позволяет определить модуль и направление вектора ускорения

$$\mathbf{w} = \mathbf{w}^1(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}, \ddot{\mathbf{a}}). \quad (1.7)$$

2. Кинематика манипулятора с абсолютно твердыми звеньями и упругими соединительными шарнирами. Исследуется кинематика пространственного движения многозвенного манипулятора, звенья которого считаются абсолютно твердыми телами, а соединительные узлы между звеньями содержат упругие элементы большой жесткости, которые в пределе превращаются в идеальные связи (рис. 2.1).

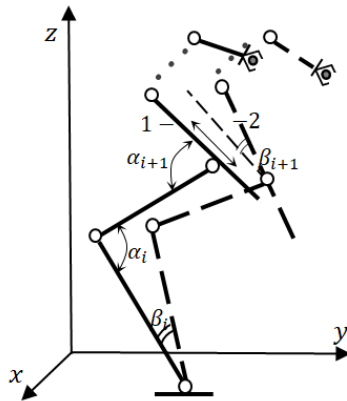


Рис. 2.1

Обобщенные координаты жесткой модели механической системы манипулятора, определяющие его конфигурацию в пространстве $OXYZ$, обозначим через $\mathbf{a} = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)^T$ (п. 1), а через β

$= (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k)^T, (k \leq n)$ – дополнительные обобщенные координаты исходной системы, обусловленные упругими элементами в соединительных узлах между звеньями. Заметим, что здесь как координаты $\alpha_i (i=1, 2, \dots, n)$, так и координаты $\beta_j (j=1, 2, \dots, k)$ зависят только от времени. Положение инерционных элементов манипулятора, как и в п. 1, характеризуется m координатами $\mathbf{q} = (q_1, q_2, \dots, q_m)^T$, где $m \leq n+k$. Следовательно, манипулятор имеет $(n+k)$ степеней свободы.

Кинематику упругого манипулятора можно исследовать на основании соотношения

$$\mathbf{q} = \mathbf{f}(\mathbf{a}, \mathbf{\beta}), \quad (2.1)$$

где $\mathbf{f}(\mathbf{a}, \mathbf{\beta})$ – заданная m -мерная вектор-функция.

Будем предполагать, что матрицы частных производных

$$\mathbf{F}(\mathbf{a}, \mathbf{\beta}) = \left\{ \frac{\partial f_i(\mathbf{a}, \mathbf{\beta})}{\partial \alpha_j} \right\}_{i,j=1}^{m,n}, \quad \mathbf{\Phi}(\mathbf{a}, \mathbf{\beta}) = \left\{ \frac{\partial f_i(\mathbf{a}, \mathbf{\beta})}{\partial \beta_l} \right\}_{i,l=1}^{m,k}, \quad (2.2)$$

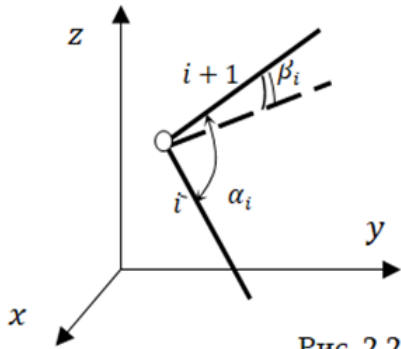


Рис. 2.2

имеют максимальные ранги, равные $\text{rang} \mathbf{F}(\mathbf{a}, \mathbf{\beta}) = \min(n, m)$ и $\text{rang} \mathbf{\Phi}(\mathbf{a}, \mathbf{\beta}) = \min(k, m)$, соответственно. Для дальнейшего асимптотического исследования кинематических величин упругого манипулятора предполагается, что обобщенные координаты $\beta_i (i=1, 2, \dots, k)$, обусловленные упругостью соединительных узлов, малы (рис. 2.2), а их жесткости $C_i (i=1, 2, \dots, k)$ велики, т.е.

$$\beta_i \ll \varepsilon, C_i \gg \varepsilon^{-1} (i=1, 2, \dots, k), \text{ где } \varepsilon \ll 1 \quad (2.3)$$

В пределе при $\varepsilon \rightarrow 0$ упругие элементы становятся жесткими, а соединительные узлы превращаются в дополнительные идеальные связи и при этом $\mathbf{f}(\mathbf{a}, \mathbf{0}) = \mathbf{f}(\mathbf{a})$.

Применяя формулы Тейлора для функции (2.1) относительно вектора переменной $\mathbf{\beta}$ и оставляя в разложении члены, порядок которых не превышает ε , получим

$$\mathbf{q} = \mathbf{f}(\mathbf{a}, \mathbf{0}) + \sum_{i=1}^k \frac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{a}, \mathbf{0})}{\partial \beta_i} \beta_i + O(\varepsilon^2). \quad (2.4)$$

Здесь $\mathbf{f}^*(\mathbf{a}, \mathbf{\beta}) = \sum_{i=1}^k \frac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{a}, \mathbf{0})}{\partial \beta_i} \beta_i$ – имеет порядок ε и $\mathbf{f}^*(\mathbf{a}, \mathbf{0}) \equiv 0$.

Разложение (2.4) показывает, что (2.3) позволяют описывать положение упругого манипулятора в рамках жесткой модели путем введения дополнительной величины, порядок которой не превышает ε

$$\mathbf{q} = \mathbf{f}(\mathbf{a}) + \mathbf{f}^*(\mathbf{a}, \mathbf{\beta}) \quad (2.5)$$

2.1. Обобщенные скорости движений манипулятора с упругими шарнирами. Разложение (2.5) позволяет определить обобщенные скорости движений инерционных элементов упругого манипулятора и схвата в рамках жесткой модели путем введения дополнительных векторов скорости, обусловленных упругостью соединительных узлов.

Вычисляя производные по времени от (2.5), получим

$$\dot{\mathbf{q}} = \mathbf{F}(\mathbf{a})\dot{\mathbf{a}} + \mathbf{F}^1(\mathbf{a}, \mathbf{\beta})\dot{\mathbf{a}} + \mathbf{F}^2(\mathbf{a}, \mathbf{0})\dot{\mathbf{\beta}}, \quad (2.6)$$

где первое слагаемое $\mathbf{F}(\mathbf{a})\dot{\mathbf{a}}$ определяет скорость движения жесткой модели манипулятора (1.2), (1.5), (1.6) и матрица $\mathbf{F}(\mathbf{a})$ имеет структуру (1.4), а второе $\mathbf{F}^1(\mathbf{a}, \mathbf{\beta})\dot{\mathbf{a}}$ и третье $\mathbf{F}^2(\mathbf{a}, \mathbf{0})\dot{\mathbf{\beta}}$ слагаемые обусловлены упругостью конструкции соединительных узлов.

Матрица $\mathbf{F}^1(\mathbf{a}, \mathbf{\beta})$ имеет размерность $(m \times n)$ с элементами

$$\mathbf{F}^1(\mathbf{a}, \mathbf{\beta}) = \left\{ \frac{\partial f_i^*(\mathbf{a}, \mathbf{\beta})}{\partial \alpha_j} \right\}, \quad (2.7)$$

$$\text{где } \frac{\partial f_i^*(\mathbf{a}, \mathbf{\beta})}{\partial \alpha_j} = \frac{\partial}{\partial \alpha_j} \left[\sum_{l=1}^k \frac{\partial f_i(\mathbf{a}, \mathbf{0})}{\partial \beta_l} \beta_l \right] \quad \text{и} \quad \frac{\partial f_i^*(\mathbf{a}, \mathbf{0})}{\partial \alpha_j} \equiv 0 \quad (i=1, 2, \dots, m; \quad j=1, 2, \dots, n).$$

Слагаемое $\mathbf{F}^1(\mathbf{a}, \mathbf{\beta})\dot{\mathbf{a}}$ (2.6) является m -мерным вектором со следующими компонентами:

$$\left(\mathbf{F}^1(\mathbf{a}, \mathbf{\beta})\dot{\mathbf{a}} \right)_i = \sum_{j=1}^n \left[\frac{\partial}{\partial \alpha_j} \left(\sum_{l=1}^k \frac{\partial f_i(\mathbf{a}, \mathbf{0})}{\partial \beta_l} \beta_l \right) \right] \dot{\alpha}_j, \quad (i=1, 2, \dots, m). \quad (2.8)$$

Аналогично, матрица $\mathbf{F}^2(\mathbf{a}, \mathbf{0})$ (2.6) имеет размерность $(m \times k)$ с элементами

$$\mathbf{F}^2(\mathbf{a}, \mathbf{0}) = \left\{ \frac{\partial f_i(\mathbf{a}, \mathbf{0})}{\partial \beta_j} \right\}, \quad (i=1, 2, \dots, m; \quad l=1, 2, \dots, k). \quad (2.9)$$

Поскольку

$$\frac{\partial f_i^*(\mathbf{a}, \mathbf{\beta})}{\partial \beta_l} = \frac{\partial}{\partial \beta_l} \left[\sum_{j=1}^k \frac{\partial f_i(\mathbf{a}, \mathbf{0})}{\partial \beta_j} \beta_j \right] = \frac{\partial f_i(\mathbf{a}, \mathbf{0})}{\partial \beta_l} \quad (i=1, 2, \dots, m; \quad l=1, 2, \dots, k),$$

то слагаемое $\mathbf{F}^2(\mathbf{a}, \mathbf{0})\dot{\mathbf{\beta}}$ (2.6) также является мерным вектором с компонентами

$$\left(\mathbf{F}^2(\mathbf{a}, \mathbf{0})\dot{\mathbf{\beta}} \right)_i = \sum_{l=1}^k \frac{\partial f_i(\mathbf{a}, \mathbf{0})}{\partial \beta_l} \dot{\beta}_l, \quad (i=1, 2, \dots, m). \quad (2.10)$$

Следовательно, вектор скорости движения инерционных элементов упругого манипулятора является m -мерным, определяется согласно (2.6),

(1.2), (1.4), (2.7)-(2.10) и может быть представлен в виде суммы двух векторов

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}^1(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}) + \mathbf{v}^2(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}, \mathbf{\beta}, \dot{\mathbf{\beta}}), \quad (2.11)$$

где вектор $\mathbf{v}^1(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}})$ определяет скорость движения абсолютно жесткой модели манипулятора (п.1) (1.5), а $\mathbf{v}^2(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}, \mathbf{\beta}, \dot{\mathbf{\beta}})$ зависит от упругости соединительных узлов, имеет порядок ε и $\mathbf{v}^2(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}, \mathbf{0}, \mathbf{0}) \equiv 0$.

2.2. Ускорение движений манипулятора с упругими шарнирами.

Вычисляя производные по времени от функции (2.6), определим ускорения движений инерционных элементов и схвата упругого манипулятора

$$\ddot{\mathbf{q}} = \frac{d\mathbf{F}(\mathbf{a})}{dt} \dot{\mathbf{a}} + \mathbf{F}(\mathbf{a}) \ddot{\mathbf{a}} + \frac{d\mathbf{F}^1(\mathbf{a}, \mathbf{\beta})}{dt} \dot{\mathbf{a}} + \mathbf{F}^1(\mathbf{a}, \mathbf{\beta}) \ddot{\mathbf{a}} + \frac{d\mathbf{F}^2(\mathbf{a}, \mathbf{0})}{dt} \dot{\mathbf{\beta}} + \mathbf{F}^2(\mathbf{a}, \mathbf{0}) \ddot{\mathbf{\beta}}. \quad (2.12)$$

Первые два слагаемых в (2.12) соответствуют ускорению движения инерционных элементов и схвата абсолютно жесткой модели манипулятора (1.3)-(1.7). Остальные четыре слагаемых обусловлены упругостью соединительных узлов звеньев манипулятора и имеют порядок ε .

Матрица $\frac{d\mathbf{F}^1(\mathbf{a}, \mathbf{\beta})}{dt}$ согласно (2.7) имеет размерность $(m \times n)$ с элементами

$$\frac{d\mathbf{F}^1(\mathbf{a}, \mathbf{\beta})}{dt} = \left\{ \mathbf{F}_{il}^1(\mathbf{a}, \mathbf{\beta}, \dot{\mathbf{a}}, \dot{\mathbf{\beta}}) \right\}, \quad (i = 1, 2, \dots, m; \quad l = 1, 2, \dots, n), \quad (2.13)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{F}_{il}^1(\mathbf{a}, \mathbf{\beta}, \dot{\mathbf{a}}, \dot{\mathbf{\beta}}) &= \sum_{j=1}^n \frac{\partial^2 f_i^*(\mathbf{a}, \mathbf{\beta})}{\partial \alpha_l \partial \alpha_j} \dot{\alpha}_j + \sum_{p=1}^k \frac{\partial^2 f_i^*(\mathbf{a}, \mathbf{\beta})}{\partial \alpha_l \partial \beta_p} \dot{\beta}_p = \\ \text{где} \quad &= \sum_{j=1}^n \frac{\partial^2}{\partial \alpha_l \partial \alpha_j} \left[\sum_{p=1}^k \frac{\partial f_i(\mathbf{a}, \mathbf{0})}{\partial \beta_p} \beta_p \right] \dot{\alpha}_j + \sum_{g=1}^k \frac{\partial^2}{\partial \alpha_l \partial \beta_g} \left[\sum_{p=1}^k \frac{\partial f_i(\mathbf{a}, \mathbf{0})}{\partial \beta_p} \beta_p \right] \dot{\beta}_g, \end{aligned} \quad (2.14)$$

и $\mathbf{F}_{il}^1(\mathbf{a}, \mathbf{0}, \dot{\mathbf{a}}, \mathbf{0}) \equiv 0, (i = 1, 2, \dots, m; \quad l = 1, 2, \dots, n)$.

Компонентами вектора $\frac{d\mathbf{F}^1(\mathbf{a}, \mathbf{\beta})}{dt} \dot{\mathbf{a}}$ согласно (2.13). (2.14) являются

$$\begin{aligned} \left(\frac{d\mathbf{F}^1(\mathbf{a}, \mathbf{\beta})}{dt} \dot{\mathbf{a}} \right)_i &= \sum_{l=1}^n \mathbf{F}_{il}^1(\mathbf{a}, \mathbf{\beta}, \dot{\mathbf{a}}, \dot{\mathbf{\beta}}) \dot{\alpha}_l = \\ &= \sum_{l=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^n \frac{\partial^2}{\partial \alpha_l \partial \alpha_j} \left[\sum_{p=1}^k \frac{\partial f_i(\mathbf{a}, \mathbf{0})}{\partial \beta_p} \beta_p \right] \dot{\alpha}_j + \sum_{g=1}^k \frac{\partial^2}{\partial \alpha_l \partial \beta_g} \left[\sum_{p=1}^k \frac{\partial f_i(\mathbf{a}, \mathbf{0})}{\partial \beta_p} \beta_p \right] \dot{\beta}_g \right\} \dot{\alpha}_l. \end{aligned} \quad (2.15)$$

Аналогично, матрица $\frac{d\mathbf{F}^2(\mathbf{a}, \mathbf{0})}{dt}$ в (2.12) имеет размерность $(m \times k)$ с

элементами

$$\frac{d\mathbf{F}^2(\mathbf{a}, \mathbf{0})}{dt} = \{\mathbf{F}_{il}^2(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}})\}, (i=1, 2, \dots, m; l=1, 2, \dots, k). \quad (2.16)$$

Здесь элементы $\mathbf{F}_{il}^2(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}})$ матрицы (2.16) определяются согласно (2.9) и имеют вид

$$\mathbf{F}_{il}^2(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}) = \sum_{j=1}^n \frac{\partial^2 f_i(\mathbf{a}, \mathbf{0})}{\partial \beta_l \partial \alpha_j} \dot{\alpha}_j \quad (i=1, 2, \dots, m; l=1, 2, \dots, k). \quad (2.17)$$

Вектор $\frac{d\mathbf{F}^2(\mathbf{a}, \mathbf{0})}{dt} \dot{\mathbf{\beta}}$ (2.12) имеет следующие компоненты:

$$\left(\frac{d\mathbf{F}^2(\mathbf{a}, \mathbf{0})}{dt} \dot{\mathbf{\beta}} \right)_i = \sum_{l=1}^k \left[\sum_{j=1}^n \frac{\partial^2 f_i(\mathbf{a}, \mathbf{0})}{\partial \beta_l \partial \alpha_j} \dot{\alpha}_j \right] \dot{\beta}_l \quad (i=1, 2, \dots, m). \quad (2.18)$$

Векторы $\mathbf{F}^1(\mathbf{a}, \mathbf{\beta}) \ddot{\mathbf{a}}$ и $\mathbf{F}^2(\mathbf{a}, \mathbf{0}) \ddot{\mathbf{\beta}}$ согласно (2.12), (2.7)-(2.10) имеют следующие компоненты, соответственно:

$$\begin{aligned} (\mathbf{F}^1(\mathbf{a}, \mathbf{\beta}) \ddot{\mathbf{a}})_i &= \sum_{j=1}^n \left[\frac{\partial}{\partial \alpha_j} \left(\sum_{l=1}^k \frac{\partial f_i(\mathbf{a}, \mathbf{0})}{\partial \beta_l} \beta_l \right) \right] \ddot{\alpha}_j, \\ (\mathbf{F}^2(\mathbf{a}, \mathbf{0}) \ddot{\mathbf{\beta}})_i &= \sum_{l=1}^k \frac{\partial f_i(\mathbf{a}, \mathbf{0})}{\partial \beta_l} \ddot{\beta}_l, \quad (i=1, 2, \dots, m). \end{aligned} \quad (2.19)$$

Вектор ускорения движений упругого манипулятора имеет размерность m , и согласно (2.12)-(2.19) его можно также представить в виде суммы двух векторов ускорения

$$\mathbf{w} = \mathbf{w}^1(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}, \ddot{\mathbf{a}}) + \mathbf{w}^2(\mathbf{a}, \mathbf{\beta}, \dot{\mathbf{\beta}}, \ddot{\mathbf{\beta}}), \quad (2.20)$$

где вектор $\mathbf{w}^1(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}, \ddot{\mathbf{a}})$ определяется согласно первым двум слагаемым выражения (2.12) и соответствует ускорению движения абсолютно жесткой модели манипулятора (1.9), а вектор ускорения $\mathbf{w}^2(\mathbf{a}, \mathbf{\beta}, \dot{\mathbf{\beta}}, \ddot{\mathbf{\beta}})$ определяется последними четырьмя слагаемыми (2.12) и зависит от упругости соединительных узлов между звеньями манипулятора. Вектор ускорения $\mathbf{w}^2(\mathbf{a}, \mathbf{\beta}, \dot{\mathbf{\beta}}, \ddot{\mathbf{\beta}})$ имеет порядок ε и $\mathbf{w}^2(\mathbf{a}, \mathbf{0}, \dot{\mathbf{\beta}}, \ddot{\mathbf{\beta}}) \equiv 0$.

Итак, соотношения (2.5), (2.6), (2.11), (2.12), (2.20) позволяют в рамках предположения (2.3) определить положения, скорость и ускорение движения инерционных элементов и схвата манипулятора с упругими соединительными узлами между звеньями в зависимости от обобщенных координат $(\mathbf{a}, \mathbf{\beta})$, скоростей $(\dot{\mathbf{a}}, \dot{\mathbf{\beta}})$ и ускорений $(\ddot{\mathbf{a}}, \ddot{\mathbf{\beta}})$.

3. Математическая модель многозвенного манипулятора с упругими звеньями и упругими соединительными шарнирами (узлами). Исследуется кинематика пространственного движения многозвенного манипулятора, звенья которого или часть из них моделируются как упругие

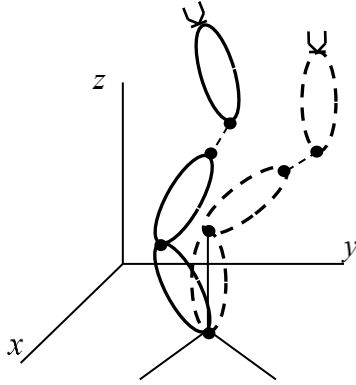


Рис.3.1

тела или одномерные упругие стержни. Предполагается также, что соединительные шарниры между звеньями содержат упругие элементы большой жесткости (рис. 3.1) [8-10].

Обобщенные координаты манипулятора с абсолютно жесткими звеньями и идеальными соединительными узлами, как и в п.1, обозначим через компоненты вектора

$$\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)^T. \quad (3.1)$$

По аналогии с п.1 и 2 предполагается, что все соединительные узлы

представляют собой цилиндрические шарниры или поступательные кинематические пары.

Через компоненты вектора

$$\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k)^T, \quad (k \leq n) \quad (3.2)$$

обозначим дополнительные обобщенные координаты, обусловленные упругими элементами в соединительных узлах (п.2).

Обобщенные координаты, описывающие деформацию упругих звеньев манипулятора, являются компонентами вектора $\mathbf{w}(t, \xi)$

$$\mathbf{w}(t, \xi) = (w_1(t, \xi), w_2(t, \xi), \dots, w_\lambda(t, \xi))^T, \quad (3.3)$$

где ξ – произвольная точка упругого звена (фиг.3.2), $\xi \in [0, l_i]$

Положение инерционных элементов манипулятора в пространстве характеризуем m координатами (п.1, 2)

$$\mathbf{q} = (q_1, q_2, \dots, q_m)^T. \quad (3.4)$$

Кинематику манипулятора с упругими звеньями и упругими соединительными узлами между звеньями в общем случае можно исследовать на основе соотношения

$$\mathbf{q} = \mathbf{f}(\alpha, \beta, \mathbf{w}), \quad (3.5)$$

где $\mathbf{f}(\alpha, \beta, \mathbf{w})$ – заданная m -мерная вектор-функция от вектора аргументов, структура которой зависит от выбора обобщенных координат жесткой (3.1) и упругой модели манипулятора (3.2), (3.3), а также от геометрии манипулятора [9,10].

Для дальнейшего исследования основной задачи кинематики упругих манипуляторов через обобщенные координаты $\alpha, \beta, \mathbf{w}$, скорости $\dot{\alpha}, \dot{\beta}, \dot{\mathbf{w}}$ и ускорения $\ddot{\alpha}, \ddot{\beta}, \ddot{\mathbf{w}}$ предполагаем, что обобщенные координаты β_i малы, а жесткость C_i соединительных узлов велика, т.е. (п.2)

$$\beta_i \ll \varepsilon, C_i \gg \varepsilon^{-1} (i=1, 2, \dots, k), \quad (3.6)$$

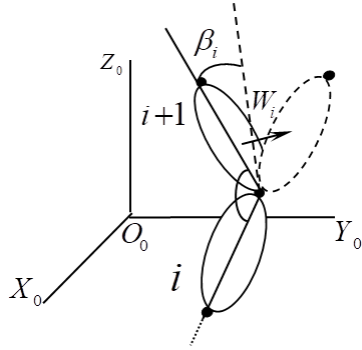


Рис. 3.2

где $\varepsilon \ll 1$ – малый параметр, а координатный вектор $\mathbf{w}(t, \xi)$ в рамках линейной теории упругости мал по сравнению с линейными размерами упругого звена и удовлетворяет соотношениям [9, 10]

$$w_i(t, \xi) \ll \varepsilon, \quad w'_i(t, \xi) \ll \varepsilon, \quad \dot{w}_i(t, \xi) \ll \varepsilon, \quad (i=1, 2, \dots, \Lambda) \quad (3.7)$$

(здесь частные производные функции $w_i(t, \xi)$ по ξ обозначены штрихом, а по t – точкой).

В рамках предположений (3.6), (3.7) применим асимптотические методы малого параметра [8, 9, 11, 16].

Формула Тейлора для (3.5) относительно $\boldsymbol{\beta}$ и $\mathbf{w}$ с точностью ε

$$\mathbf{q} = \mathbf{f}(\mathbf{a}, \mathbf{0}, \mathbf{0}) + \sum_{i=1}^k \frac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{a}, \mathbf{0}, \mathbf{0})}{\partial \beta_i} \beta_i + \sum_{j=1}^{\Lambda} \frac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{a}, \mathbf{0}, \mathbf{0})}{\partial w_j} w_j + O(\varepsilon^2). \quad (3.8)$$

Введя обозначения

$$\mathbf{f}(\mathbf{a}) = \mathbf{f}(\mathbf{a}, \mathbf{0}, \mathbf{0}), \quad \mathbf{f}^{1*}(\mathbf{a}, \boldsymbol{\beta}) = \sum_{i=1}^k \frac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{a}, \mathbf{0}, \mathbf{0})}{\partial \beta_i} \beta_i, \quad \mathbf{f}^{2*}(\mathbf{a}, \mathbf{w}) = \sum_{j=1}^{\Lambda} \frac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{a}, \mathbf{0}, \mathbf{0})}{\partial w_j} w_j, \quad (3.9)$$

где имеют место условия

$$\mathbf{f}^{1*}(\mathbf{a}, \mathbf{0}) \equiv 0, \quad \mathbf{f}^{2*}(\mathbf{a}, \mathbf{0}) \equiv 0, \quad (3.10)$$

разложения (3.8) с учетом обозначения (3.9) представим в виде

$$\mathbf{q} = \mathbf{f}(\mathbf{a}) + \mathbf{f}^{1*}(\mathbf{a}, \boldsymbol{\beta}) + \mathbf{f}^{2*}(\mathbf{a}, \mathbf{w}). \quad (3.11)$$

Формула (3.11) позволяет исследовать кинематику манипулятора, когда соединительные узлы между звеньями идеальные, а звенья абсолютно жесткие ($\boldsymbol{\beta} \equiv 0, \mathbf{w} \equiv 0$) (п.1):

$$\mathbf{q} = \mathbf{f}(\mathbf{a}), \quad (3.12)$$

а также в случае упругих соединительных узлов и абсолютно жестких ($\mathbf{w} \equiv 0$) звеньев (п.2)

$$\mathbf{q} = \mathbf{f}(\mathbf{a}) + \mathbf{f}^{1*}(\mathbf{a}, \boldsymbol{\beta}) \quad (3.13)$$

и когда упругими являются звенья манипулятора, а соединительные узлы идеальные:

$$\mathbf{q} = \mathbf{f}(\mathbf{a}) + \mathbf{f}^{2*}(\mathbf{a}, \mathbf{w}). \quad (3.14)$$

Все эти частные математические модели манипуляторов имеют место и широко исследуются в научной литературе.

3.1. Обобщенная скорость движений упругого манипулятора. Вычисляя производные по времени от функций (3.11), получим вектор скорости характерных точек манипулятора в виде

$$\dot{\mathbf{q}} = \mathbf{F}(\mathbf{a})\dot{\mathbf{a}} + \mathbf{F}^1(\mathbf{a}, \boldsymbol{\beta})\dot{\mathbf{a}} + \mathbf{F}^2(\mathbf{a}, \mathbf{0})\dot{\boldsymbol{\beta}} + \mathbf{F}^3(\mathbf{a}, \mathbf{w})\dot{\mathbf{a}} + \mathbf{F}^4(\mathbf{a}, \mathbf{0})\dot{\mathbf{w}} \quad (3.15)$$

$$\text{или } \mathbf{v} = \mathbf{v}^1(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}) + \mathbf{v}^2(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}, \boldsymbol{\beta}, \dot{\boldsymbol{\beta}}) + \mathbf{v}^3(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}, \mathbf{w}, \dot{\mathbf{w}}), \quad (3.16)$$

$$\text{где } \mathbf{v}^1(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}) = \mathbf{F}(\mathbf{a})\dot{\mathbf{a}} \quad (\text{п.1}), \quad (3.17)$$

$$\mathbf{v}^2(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}, \boldsymbol{\beta}, \dot{\boldsymbol{\beta}}) = \mathbf{F}^1(\mathbf{a}, \boldsymbol{\beta})\dot{\mathbf{a}} + \mathbf{F}^2(\mathbf{a}, \mathbf{0})\dot{\boldsymbol{\beta}} \quad (\text{п.2}), \quad (3.18)$$

$$\mathbf{v}^3(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}, \mathbf{w}, \dot{\mathbf{w}}) = \mathbf{F}^3(\mathbf{a}, \mathbf{w})\dot{\mathbf{a}} + \mathbf{F}^4(\mathbf{a}, \mathbf{0})\dot{\mathbf{w}} - \quad (3.19)$$

вектор скорости, который зависит от упругих свойств звеньев манипулятора. Заметим, что $\mathbf{v}^2(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}, \mathbf{0}, \mathbf{0}) \equiv \mathbf{0}$.

Для определения вектора скорости $\mathbf{v}^3(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}, \mathbf{w}, \dot{\mathbf{w}}) = \mathbf{F}^3(\mathbf{a}, \mathbf{w})\dot{\mathbf{a}} + \mathbf{F}^4(\mathbf{a}, \mathbf{0})\dot{\mathbf{w}}$ (3.19), вычислим элементы матрицы $\mathbf{F}^3(\mathbf{a}, \mathbf{w})$ и $\mathbf{F}^4(\mathbf{a}, \mathbf{0})$.

Матрица $\mathbf{F}^3(\mathbf{a}, \mathbf{w})$ имеет размерность $(m \times n)$ с элементами

$$\mathbf{F}^3(\mathbf{a}, \mathbf{w}) = \left\{ \frac{\partial f_i^{2*}(\mathbf{a}, \mathbf{w})}{\partial \alpha_j} \right\}_{i,j=1}^{m,n}, \quad \frac{\partial f_i^{2*}(\mathbf{a}, \mathbf{w})}{\partial \alpha_j} = \frac{\partial}{\partial \alpha_j} \left(\sum_{l=1}^{\Lambda} \frac{\partial f_i(\mathbf{a}, \mathbf{0}, \mathbf{0})}{\partial w_l} w_l \right), \quad (3.20)$$

Компонентами вектора $(\mathbf{F}^3(\mathbf{a}, \mathbf{w})\dot{\mathbf{a}})_i$, где $(i = 1, 2, \dots, m)$ являются

$$(\mathbf{F}^3(\mathbf{a}, \mathbf{w})\dot{\mathbf{a}})_i = \sum_{j=1}^n \left[\frac{\partial}{\partial \alpha_j} \left(\sum_{l=1}^{\Lambda} \frac{\partial f_i(\mathbf{a}, \mathbf{0}, \mathbf{0})}{\partial w_l} w_l \right) \right] \dot{\alpha}_j, \quad (i = 1, 2, \dots, m), \quad (3.21)$$

Матрица $\mathbf{F}^4(\mathbf{a}, \mathbf{w})$ имеет следующую структуру:

$$\mathbf{F}^4(\mathbf{a}, \mathbf{0}) = \left\{ \frac{\partial f_i^{2*}(\mathbf{a}, \mathbf{w})}{\partial w_j} \right\} \quad (i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, \Lambda), \quad (3.22)$$

$$\text{где } \frac{\partial f_i^{2*}(\mathbf{a}, \mathbf{w})}{\partial w_j} = \frac{\partial}{\partial w_j} \left(\sum_{l=1}^{\Lambda} \frac{\partial f_i(\mathbf{a}, \mathbf{0}, \mathbf{0})}{\partial w_l} w_l \right) = \frac{\partial f_i(\mathbf{a}, \mathbf{0}, \mathbf{0})}{\partial w_j} \quad (i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, \Lambda).$$

Вектор $(\mathbf{F}^4(\mathbf{a}, \mathbf{0})\dot{\mathbf{w}})$ имеет компоненты

$$(\mathbf{F}^4(\mathbf{a}, \mathbf{0})\dot{\mathbf{w}})_i = \sum_{j=1}^{\Lambda} \left[\frac{\partial}{\partial w_j} \left(\sum_{l=1}^{\Lambda} \frac{\partial f_i(\mathbf{a}, \mathbf{0}, \mathbf{0})}{\partial w_l} w_l \right) \right] \dot{w}_j = \sum_{j=1}^{\Lambda} \left(\frac{\partial f_i(\mathbf{a}, \mathbf{0}, \mathbf{0})}{\partial w_j} \right) \dot{w}_j \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (3.23)$$

Алгоритм вычисления скорости движения упругого манипулятора по формуле (3.15) в общем случае сводится к необходимости дополнительного определения элементов матриц (3.20), (3.22) и вычислению компонентов векторов (3.21) и (3.23).

3.2. Ускорение движений упругого манипулятора. Вычисляя производные по времени от функции (3.15), определим ускорение движений инерционных элементов и схвата упругого манипулятора

$$\begin{aligned} \ddot{\mathbf{q}} = & \frac{d}{dt} \mathbf{F}(\mathbf{a}) \dot{\mathbf{a}} + \mathbf{F}(\mathbf{a}) \ddot{\mathbf{a}} + \frac{d}{dt} \mathbf{F}^1(\mathbf{a}, \boldsymbol{\beta}) \dot{\mathbf{a}} + \mathbf{F}^1(\mathbf{a}, \boldsymbol{\beta}) \ddot{\mathbf{a}} + \frac{d}{dt} \mathbf{F}^2(\mathbf{a}, \mathbf{0}) \dot{\boldsymbol{\beta}} + \\ & + \mathbf{F}^2(\mathbf{a}, \mathbf{0}) \ddot{\boldsymbol{\beta}} + \frac{d}{dt} \mathbf{F}^3(\mathbf{a}, \mathbf{w}) \dot{\mathbf{a}} + \mathbf{F}^3(\mathbf{a}, \mathbf{w}) \ddot{\mathbf{a}} + \frac{d}{dt} \mathbf{F}^4(\mathbf{a}, \mathbf{0}) \dot{\mathbf{w}} + \mathbf{F}^4(\mathbf{a}, \mathbf{0}) \ddot{\mathbf{w}}. \end{aligned} \quad (3.24)$$

По аналогии с (3.16) вектор ускорения (3.24) представим в виде трех

$$\mathbf{w}^* = \mathbf{w}^{*1}(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}, \ddot{\mathbf{a}}) + \mathbf{w}^{*2}(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}, \ddot{\mathbf{a}}, \boldsymbol{\beta}, \dot{\boldsymbol{\beta}}, \ddot{\boldsymbol{\beta}}) + \mathbf{w}^{*3}(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}, \ddot{\mathbf{a}}, \mathbf{w}, \dot{\mathbf{w}}, \ddot{\mathbf{w}}), \quad (3.25)$$

где $\mathbf{w}^{*1}(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}, \ddot{\mathbf{a}}) = \frac{d}{dt} \mathbf{F}(\mathbf{a}) \dot{\mathbf{a}} + \mathbf{F}(\mathbf{a}) \ddot{\mathbf{a}}$ (п.1.2),

$$\mathbf{w}^{*2}(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}, \ddot{\mathbf{a}}, \boldsymbol{\beta}, \dot{\boldsymbol{\beta}}, \ddot{\boldsymbol{\beta}}) = \frac{d}{dt} \mathbf{F}^1(\mathbf{a}, \boldsymbol{\beta}) \dot{\mathbf{a}} + \mathbf{F}^1(\mathbf{a}, \boldsymbol{\beta}) \ddot{\mathbf{a}} + \frac{d}{dt} \mathbf{F}^2(\mathbf{a}, \mathbf{0}) \dot{\boldsymbol{\beta}} + \mathbf{F}^2(\mathbf{a}, \mathbf{0}) \ddot{\boldsymbol{\beta}} \quad (\text{п.2.2}),$$

а вектор ускорения

$$\mathbf{w}^{*3}(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}, \ddot{\mathbf{a}}, \mathbf{w}, \dot{\mathbf{w}}, \ddot{\mathbf{w}}) = \frac{d}{dt} \mathbf{F}^3(\mathbf{a}, \mathbf{w}) \dot{\mathbf{a}} + \mathbf{F}^3(\mathbf{a}, \mathbf{w}) \ddot{\mathbf{a}} + \frac{d}{dt} \mathbf{F}^4(\mathbf{a}, \mathbf{0}) \dot{\mathbf{w}} + \mathbf{F}^4(\mathbf{a}, \mathbf{0}) \ddot{\mathbf{w}} \quad (3.26)$$

обусловлен упругостью звеньев манипулятора.

Когда соединительные узлы между звеньями идеальные, а звенья абсолютно жесткие, имеем

$$\mathbf{w}^{*2}(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}, \ddot{\mathbf{a}}, \mathbf{0}, \mathbf{0}, \mathbf{0}) \equiv \mathbf{0}, \quad \mathbf{w}^{*3}(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}, \ddot{\mathbf{a}}, \mathbf{0}, \mathbf{0}, \mathbf{0}) \equiv \mathbf{0}. \quad (3.27)$$

Определим элементы матриц $\frac{d}{dt} \mathbf{F}^3(\mathbf{a}, \mathbf{w})$ и $\frac{d}{dt} \mathbf{F}^4(\mathbf{a}, \mathbf{0})$ согласно

(3.20) и (3.22). Матрица $\frac{d}{dt} \mathbf{F}^3(\mathbf{a}, \mathbf{w})$ является

$$\frac{d}{dt} \mathbf{F}^3(\mathbf{a}, \mathbf{w}) = \{F_{ij}^3(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}, \mathbf{w}, \dot{\mathbf{w}})\}, (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n). \quad (3.28)$$

где

$$\begin{aligned} F_{ij}^3(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}, \mathbf{w}, \dot{\mathbf{w}}) &= \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial f_i^{2*}(\mathbf{a}, \mathbf{w})}{\partial \alpha_j} \right) = \frac{d}{dt} \left[\frac{\partial}{\partial \alpha_j} \sum_{l=1}^{\Lambda} \frac{\partial f_l(\mathbf{a}, \mathbf{0}, \mathbf{0})}{\partial w_l} w_l \right] = \\ &= \sum_{g=1}^n \frac{\partial^2}{\partial \alpha_g \partial \alpha_j} \left(\sum_{l=1}^{\Lambda} \frac{\partial f_l(\mathbf{a}, \mathbf{0}, \mathbf{0})}{\partial w_l} w_l \right) \dot{\alpha}_g + \sum_{p=1}^{\Lambda} \frac{\partial^2}{\partial w_p \partial \alpha_j} \left(\sum_{l=1}^{\Lambda} \frac{\partial f_l(\mathbf{a}, \mathbf{0}, \mathbf{0})}{\partial w_l} w_l \right) \dot{w}_p \quad (3.29) \\ & \quad (F_{ij}^3(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}, \mathbf{0}, \mathbf{0}) \equiv 0; \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n). \end{aligned}$$

Компоненты вектора $\frac{d}{dt} \mathbf{F}^3(\mathbf{a}, \mathbf{w}) \dot{\mathbf{a}}$ определяются согласно, (3.29)

$$\left(\frac{d}{dt} \mathbf{F}^3(\mathbf{a}, \mathbf{w}) \dot{\mathbf{a}} \right)_i = \sum_{j=1}^n F_{ij}^3(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}, \mathbf{w}, \dot{\mathbf{w}}) \dot{\alpha}_j =$$

$$\sum_{j=1}^n \left[\sum_{g=1}^n \frac{\partial^2}{\partial \alpha_g \partial \alpha_j} \left(\sum_{l=1}^{\Lambda} \frac{\partial f_l(\mathbf{a}, 0, 0)}{\partial w_l} w_l \right) \dot{\alpha}_g + \sum_{p=1}^{\Lambda} \frac{\partial^2}{\partial w_p \partial \alpha_j} \left(\sum_{l=1}^{\Lambda} \frac{\partial f_l(\mathbf{a}, 0, 0)}{\partial w_l} w_l \right) \dot{w}_p \right] \dot{\alpha}_j. \quad (3.30)$$

Элементами матрицы $\frac{d}{dt} \mathbf{F}^4(\mathbf{a}, \mathbf{0})$ размерностью $(m \times \Lambda)$ являются

$$\frac{d}{dt} \mathbf{F}^4(\mathbf{a}, \mathbf{0}) = \{ F_{ij}^4(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}) \}, (i=1, 2, \dots, m; \quad j=1, 2, \dots, \Lambda), \quad (3.31)$$

где согласно (3.22) $F_{ij}^4(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}) = \sum_{l=1}^n \frac{\partial^2 f_l(\mathbf{a}, 0, 0)}{\partial \alpha_l \partial w_j} \dot{\alpha}_l, (i=1, 2, \dots, m; \quad j=1, 2, \dots, \Lambda).$

Компоненты вектора $\frac{d}{dt} \mathbf{F}^4(\mathbf{a}, \mathbf{0}) \dot{\mathbf{w}}$ определяются согласно (3.22), (3.31) и имеют вид

$$\left(\frac{d}{dt} \mathbf{F}^4(\mathbf{a}, \mathbf{0}) \dot{\mathbf{w}} \right)_i = \sum_{j=1}^{\Lambda} F_{ij}^4(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}) \dot{w}_j = \sum_{j=1}^{\Lambda} \left(\sum_{l=1}^n \frac{\partial^2 f_l(\mathbf{a}, 0, 0)}{\partial \alpha_l \partial w_j} \dot{\alpha}_l \right) \dot{w}_j, (i=1, 2, \dots, m). \quad (3.32)$$

Векторами $\mathbf{F}^3(\mathbf{a}, \mathbf{w}) \ddot{\mathbf{a}}$ и $\mathbf{F}^4(\mathbf{a}, \mathbf{0}) \ddot{\mathbf{w}}$ из (3.24) являются

$$(\mathbf{F}^3(\mathbf{a}, \mathbf{w}) \ddot{\mathbf{a}})_i = \sum_{j=1}^n \left[\frac{\partial}{\partial \alpha_j} \left(\sum_{l=1}^{\Lambda} \frac{\partial f_l(\mathbf{a}, 0, 0)}{\partial w_l} w_l \right) \ddot{\alpha}_j \right], (i=1, 2, \dots, m), \quad (3.33)$$

$$(\mathbf{F}^4(\mathbf{a}, \mathbf{0}) \ddot{\mathbf{w}})_i = \sum_{j=1}^{\Lambda} \left[\frac{\partial}{\partial w_j} \left(\sum_{l=1}^{\Lambda} \frac{\partial f_l(\mathbf{a}, 0, 0)}{\partial w_l} w_l \right) \ddot{w}_j \right] = \sum_{j=1}^{\Lambda} \left(\frac{\partial f_l(\mathbf{a}, \mathbf{0}, \mathbf{0})}{\partial w_j} \right) \ddot{w}_j, \quad (3.34)$$

Компоненты вектора ускорения $\mathbf{w}^{*3}(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}, \ddot{\mathbf{a}}, \mathbf{w}, \dot{\mathbf{w}}, \ddot{\mathbf{w}})$, обусловленного упругостью звеньев манипулятора и имеющего размерность m . Векторы $\mathbf{w}^{*2}(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}, \ddot{\mathbf{a}}, \dot{\mathbf{w}}, \ddot{\mathbf{w}})$ и $\mathbf{w}^{*3}(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}}, \ddot{\mathbf{a}}, \mathbf{w}, \dot{\mathbf{w}}, \ddot{\mathbf{w}})$ имеют порядок ε .

Выводы. Для определения скорости и ускорения движений многозвенного манипулятора с абсолютно твердыми звеньями и идеальными шарнирами, а также многозвенного манипулятора с упругими соединительными узлами и упругими звеньями в рамках линейной теории упругости с применением асимптотических методов малого параметра необходимо вычислить элементы матриц $\mathbf{F}(\mathbf{a})$ (1.3), $\mathbf{F}^1(\mathbf{a}, \dot{\mathbf{a}})$ (2.7), $\mathbf{F}^2(\mathbf{a}, \mathbf{0})$ (2.9), $\mathbf{F}^3(\mathbf{a}, \mathbf{w})$ (3.20), $\mathbf{F}^4(\mathbf{a}, \mathbf{0})$ (3.22) и их производные по времени, сделать ряд вычислений, которые для современной вычислительной техники являются весьма простыми, и по формулам (1.2), (2.6), (2.12), (3.15), (3.24) определить все кинематические соотношения. Методы исследования позволяют представить кинематику упругого манипулятора в рамках абсолютно жесткой модели путем введения дополнительных величин, обус-

ловленных упругостью конструкции. Результаты исследования можно учитывать при моделировании движений гибких манипуляционных систем.

Институт механики НАН РА
e-mail: ghukasyan10@yandex.ru

А. А. Гукасян

Уточненные модели многозвенного манипулятора с упругими элементами и кинематический анализ движений

Приводятся результаты математического моделирования многозвенных манипуляторов с абсолютно твердыми звеньями, соединенными идеальными шарнирами, а также манипуляторов, звенья которых моделируются как упругие тела. Соединительные шарниры содержат упругие элементы большой жесткости. В рамках линейной теории упругости с применением асимптотических методов малого параметра кинематические соотношения в общем случае представлены в виде суммы трех слагаемых, которые необходимо учитывать при моделировании движений упругих манипуляционных систем. Уточненные модели упругих манипуляторов и методы исследования позволяют представить кинематику упругих манипуляторов в рамках абсолютно жесткой модели путем введения дополнительных величин, обусловленных упругостью конструкции.

Ա. Ա. Դուկասյան

Առաձգական էլեմենտներով բազմօղակ մանիպուլյատորի ճշգրտված մոդելներ և շարժման կինեմատիկական անալիզ

Բերված են բազմօղակ մանիպուլյատորի մաթեմատիկական մոդելավորման արդյունքները, երբ օղակները բացարձակ պինդ մարմիններ են միացված իդեալական հանգույցներով, ինչպես նաև մանիպուլյատորի, որի օղակները առաձգական մարմիններ են: Միացման հանգույցները պարունակում են մեծ կոշտության առաձգական էլեմենտներ: Առաձգականության գծային տեսության սահմաններում, կիրառելով փոքր պարամետրի ասիմպտոտական մեթոդները, կինեմատիկական առնչությունները, ընդհանուր դեպքում, ներկայացված են երեք գումարելիների տեսքով, որոնք անհրաժեշտ է հաշվի առնել առաձգական մանիպուլյատորի շարժումների մոդելավորման դեպքում: Առաձգական մանիպուլյատորի ճշգրտված մոդելները և հետազոտության մեթոդները թույլ են տալիս առաձգական մանիպուլյատորի կինեմատիկական ներկայացնել բացարձակ կոշտ մոդելի շրջանակներում՝ ավելացնելով լրացուցիչ մեծություններ, որոնք պայմանավորված են կոնստրուկցիայի առաձգականությամբ:

A. A. Ghukasyan

Refined Models of a Multi-Link Manipulator with Elastic Elements and Kinematic Analysis of Movements

The results of mathematical modeling of multi-link manipulators with absolutely solid links connected by ideal hinges, as well as manipulators whose links are modeled as elastic bodies, are presented. The connecting hinges contain elastic elements of high

rigidity. In the framework of the linear theory of elasticity with the use of asymptotic methods of small parameter, kinematic relations, in general, are presented as the sum of three terms that must be taken into account when modeling the movements of elastic manipulation systems. Refined models of elastic manipulators and research methods allow us to present the kinematics of elastic manipulators within an absolutely rigid model by introducing additional quantities due to the elasticity of the structure.

Литература

1. Черноусько Ф. Л., Градецкий В. Г., Болотник Н. Н. Манипуляционные роботы. М. Наука. 1989. 363 с.
2. Черноусько Ф. Л. – Изв. АН СССР. МТТ. 1983. № 4. С.101-113.
3. Акуленко Л. Д., Михайлов С. А., Черноусько Ф. Л. – Изв. АН СССР. МТТ. 1981. № 3. С.118-124.
4. Акуленко Л. Д., Гукасян А. А. –Изв. АН СССР. МТТ. 1983. № 5. С.33-41.
5. Градецкий В. Г., Гукасян А. А., Грудев А. И. и др. – Изв. АН СССР. МТТ. 1985. № 3. С.63-71.
6. Черноусько Ф. Л., Градецкий В. Г., Гукасян А. А. и др. Анализ упругой податливости конструкции манипуляционных роботов. Препринт 231, ИПМ АН СССР. М. 1984. 66 с.
7. Болотник Н. Н., Гукасян А. А. –Изв. АН СССР. МТТ. 1984. № 4. С.38-46.
8. Гукасян А. А. – Изв. НАН Армении. Механика. 2002. Т. 55. № 3. С. 79-87.
9. Гукасян А. А. – Изв. НАН Армении. Механика. 2014. Т. 67. № 4. С. 53-64.
10. Гукасян А. А. – Изв. НАН Армении. Механика. 2014. Т. 67. № 3. С. 68-83.
11. Новожилов В. В. Теория упругости. Л. Судпромгиз. 1958. 245 с.
12. Тимошенко С. П., Гудьер Дж. Теория упругости. М. Наука. 1979. 560 с.
13. Красовский Н. Н. Теория управления движением. М. Наука. 1968. 475 с.
14. Понтрягин Л. С., Болтянский В. Г., Гамкрелидзе Р. В. и др. Математическая теория оптимальных процессов. М. Наука. 1983. 392 с.
15. Ли Э. Б., Маркус Л. Основы теории оптимального управления. М. Наука. 1972. 576 с.
16. Акуленко Л. Д. Асимптотические методы оптимального управления. М. Наука. 1987. 365 с.
17. Бутковский А. Г. Методы управления системами с распределенными параметрами. М. Наука. 1975. 568 с.
18. Сиразетдинов Т. К. Оптимизация систем с распределенными параметрами. М. Наука. 1977. 480 с.

АСТРОФИЗИКА

УДК 524.4

DOI: 10.54503/0321-1339-2022.122.1-28

А. А. Акопян

Звездные ассоциации: история открытия и перспективы

(Представлено чл.-кор. НАН РА Э. С. Парсаян 9/II 2022)

Ключевые слова: *звездные ассоциации, эволюция звезд, история астрономии.*

1. Введение. В этом году исполняется 75 лет одному из великих открытий в области естествознания XX в. – открытию звездных ассоциаций, которое указало пути развития эволюционной астрофизики на многие годы вперед до необозримого будущего.

27 октября 1947 г. на общем собрании АН СССР В. А. Амбарцумян представил доклад «Современная астрофизика и космогония», переработанный вариант которого был в том же году опубликован в Издательстве АН Армянской ССР под названием «Эволюция звезд и астрофизика» [1], где он сообщил об открытии совершенно новых по своим физическим и пространственно-кинематическим характеристикам звездных систем – звездных ассоциаций типов ОВ и Т. Основное звездное население этих ассоциаций составляют объекты, расположенные на диаметрально противоположных концах диаграммы Герцшпрунга – Рассела (H–R), – звезды гиганты спектральных классов ОВ и красные карликовые звезды типа Т Тау, соответственно. Амбарцумян сделал ряд ключевых выводов, два из которых очень важны не только для астрофизики, но и для всего естествознания:

I. Звездообразование в Галактике продолжается и сейчас, в нашу эпоху.

II. Звезды рождаются группами.

Это противоречило существовавшим представлениям о происхождении и эволюции звезд в Галактике. Работа положила начало астрофизическим исследованиям эволюции звезд и звездных систем непосредственно путем наблюдения за их развитием. В последующем основные идеи этой работы Амбарцумяном были развиты (1949–1959) [2–9] и представлены более широкому кругу ученых, многие из которых считают, что именно

эти труды являются наиболее значительным вкладом Амбарцумяна и Бюраканской астрофизической обсерватории в мировую науку.

В 1950 г. В. А. Амбарцумян и Б. Е. Маркарян за открытие и изучение звездных систем нового типа («звездных ассоциаций»), результаты которых были опубликованы в серии статей в журналах «Доклады Академии наук Армянской ССР», «Сообщения Бюраканской обсерватории» и «Астрономический журнал», были удостоены государственной премии СССР. Примечательно и поучительно, что первая публикация об открытии ассоциаций была осуществлена именно в родном Издательстве наук Арм. ССР, хотя Амбарцумян, несомненно, располагал возможностью опубликовать работу в более доступных научному сообществу и широко известных журналах и издательствах мира.

Данная работа посвящается 75-летию юбилею великого открытия. Сделана попытка осмысления исторической роли работ Амбарцумяна в теории эволюции звезд на фоне существовавших тогда взглядов на звездную эволюцию. Особое внимание уделено научному подходу Амбарцумяна при решении этих задач. Во второй части статьи кратко представлены новые возможные задачи и пути исследований звездных ассоциаций, которые приоткрылись благодаря новейшим данным.

2. История открытия, некоторые фрагменты. Особенности научного подхода Амбарцумяна. Сегодня можно только догадываться, почему Амбарцумян, переименовывая доклад, представленный на общем собрании АН СССР, из всевозможных интригующих заглавий выбрал именно это – «Эволюция звезд и астрофизика». Ключевым стало введение фразы «эволюция звезд». Возможно, автор хотел подчеркнуть, что основные результаты этой работы фундаментальным образом изменяют существовавшие взгляды на теорию эволюции звезд.

В астрономии, как и во всех областях науки, проблемы эволюции являются одними из наиболее привлекательных. Эволюция звезд стала предметом фундаментальных исследований после появления диаграмм спектральный класс – светимость. В 1911 г. Герцшпрунг опубликовал диаграмму абсолютной светимости звезд в звездных скоплениях Плеяды и Гиады в зависимости от их спектрального класса или эффективной температуры, а в 1914 г. Рассел опубликовал аналогичную диаграмму для звезд поля. Эти диаграммы теперь известны как диаграммы Герцшпрунга – Рассела (H–R). Диаграмма H–R вместе с теориями внутреннего строения звезд и лучистого равновесия в звездах (Риттер, Эмден, Шварцшильд К., Эддингтон и др.) стала важным инструментом для понимания физики звезд.

Несколько причудливый вид диаграммы показывал существование четко обособленных групп звезд с возможными связями между ними. Стало очевидным, что любая разумная теория эволюции должна согласовываться с диаграммой H–R. Иногда совместный анализ накопленных данных и диаграммы H–R приводил к интересным умозаключениям, таким как гениальная догадка Рассела о возможных скачкообразных изменениях

звезд в процессе эволюции. Согласно Расселу (1914) [10] «...возможно, что в какой-то конкретный период истории звезды может происходить быстрое выделение энергии, например, радиоактивного характера, которое временно превосходит потери на излучение и приводит к расширению против силы тяжести...».

Однако в начале XX в. было мало предпосылок для развития теории эволюции из-за отсутствия достаточного количества качественных наблюдательных данных о физических параметрах звезд и звездных систем. Основные объективные проблемы были связаны с отсутствием точных оценок возраста звезд/звездных систем и незнанием источника энергии излучения звезд. Наряду с объективными были и проблемы субъективного характера, связанные со «спекулятивным» подходом некоторых влиятельных ученых к вопросам космогонии и эволюции.

Об этом, представляя свое понимание проблемы, Амбарцумян писал: **«...должна совершенно измениться и изменилась постановка космогонической проблемы. Речь должна идти не о выводе современного состояния какой-нибудь индивидуальной системы из гипотетического первоначального состояния. Речь уже должна идти о выводе общих закономерностей развития небесных тел и их систем (выделено нами. – А. А.)...** Это не значит, что задача космогонии сейчас представляется более легкой, чем раньше. Наоборот, богатство наблюдательных данных о звездах привело к постановке в космогонии целого ряда новых и притом весьма глубоких вопросов, о которых раньше мы не имели и представления. Но вместе с тем явилась возможность приступить к решению проблемы, начав с рассмотрения более простой задачи о том, какие из наблюдаемых состояний звезд и каким образом генетически связаны между собою... Однако и до сих пор некоторые авторы продолжают идти по ставшему уже негодным пути спекулятивных построений, типа старых космогонических гипотез, оставляя в стороне весь арсенал современных знаний о физических состояниях звезд, пренебрегая выводами статистической механики звездных систем и вообще теоретической физики и тем самым громоздя ошибки на ошибках (выделено нами. – А. А.)». Свой подход Амбарцумян назвал «наблюдательным».

В случае открытия звездных ассоциаций ключевую роль сыграло понимание связи пространственно-кинематических и динамических характеристик звезд и звездных систем с их временными характеристиками (в частности с возрастом), важность которого в задачах эволюции подчеркивал еще Рассел.

Согласно Расселу (1919) [11] изучение галактических систем «...приводит к единственной конечной проблеме, которую можно определить как представление о нынешних положениях и движениях звезд как о стадии истории динамической системы (будь то в стационарном состоянии или

нет) и дедукции предполагаемой истории системы в прошлом и будущем. Среди связанных с этим вспомогательных проблем: (а) существование, характер, распределение и гравитационное влияние возможной темной или поглощающей материи в космосе; **(б) связь между возрастом или эволюционной стадией звезды и ее положением и движением в галактических системах. Последнее связывает проблемы звездной и галактической эволюции таким образом, что любое заметное продвижение в решении одной, вероятно, поможет в оценке другой, в то время как необоснованное предположение относительно одной из них, вероятно, запутает обсуждение обеих (выделено нами. – А. А.)».**

Действительно, к середине сороковых годов в теории звездной эволюции уже сложилась достаточно запутанная ситуация. Во многом именно идеи и научный подход Амбарцумяна прояснили существовавшую картину и постепенно стали одним из ведущих общепринятых направлений теории звездной эволюции.

К моменту открытия ассоциаций у Амбарцумяна накопился большой и очень успешный опыт выявления вышеупомянутых связей. Это в первую очередь касается его работ по установлению «короткой шкалы» возраста Галактики. В тридцатые годы прошлого столетия для существовавших теорий звездной эволюции фундаментальным вопросом был выбор между долгой (10^{13} лет) и короткой (10^9 лет) шкалой времени эволюции. Рассматривая звездные системы разных масштабов (двойные звезды, скопления звезд), а также фазовые пространства звездных подсистем (плоская, промежуточная, сферическая) Галактики, Амбарцумян привел неопровержимые доводы в пользу «короткой шкалы» возраста Галактики.

В частности, в известной полемике с Джинсом Амбарцумян показал, что распределение полуосей орбит двойных звезд в Галактике не соответствует их наиболее вероятному распределению при диссоциативном равновесии образования и распада двойных звезд. Следовательно, в Галактике еще не наступило диссоциативное равновесие, и, соответственно, возраст Галактики меньше времени релаксации, необходимого для этого (10^{10} лет). Неслучайно Добавление I в статье «Эволюция звезд и астрофизика» посвящено этому вопросу.

В работах, посвященных звездной динамике открытых звездных скоплений, Амбарцумян описал наиболее эффективный механизм их разрушения и оценил время полураспада. Вычисления показали, что это время тоже не превосходит 10^{10} лет. Рассмотрение совокупности открытых скоплений показало, что процессы распада открытых скоплений не продвинулись далеко и, следовательно, возраст Галактики меньше 10^{10} лет.

Исследование фазовых пространств подсистем (плоская, промежуточная, сферическая) структуры Галактики привело Амбарцумяна к той же оценке возраста.

Исходя из вышесказанного неудивительно, что именно выявление связи пространственно-кинематических и динамических характеристик ассоциаций и их звезд с возрастом стало ключевым в исследованиях Ам-

барцумяна по звездным ассоциациям. Именно благодаря этому открытие ассоциаций не стало просто открытием звездных систем нового типа, что само по себе было бы большим событием, а привело к фундаментальному для всего естествознания выводу о том, что образование звезд и формирование звездных систем продолжается в нашу эпоху.

Это противоречило господствовавшим к тому времени умозрительным теориям образования и эволюции звезд Рассела и Джинса. В обеих теориях с некоторым различием принималось, что процесс звездообразования в нашей Галактике уже завершился.

Теории образования и эволюции звезд Рассела и Джинса.

Согласно Расселу (1914) [10] эволюция звезд идет по направлению «красные гиганты → голубые гиганты → красные карлики». Эта идея согласовывалась с идеей Локьера (1899, 1902) [12, 13] о том, что звезды достигают максимальной светимости к середине своей жизни, а также с общепринятым представлением о том, что звезда сжимается в результате эволюции. Идеи Локьера носили явный опечаток идей биологической эволюции, чего не скрывал и сам Локьер. Из теории Рассела следовало, что наблюдаемые различия между звездами связаны с тем, что они находятся на разных стадиях (в разном возрасте) своего развития.

Наоборот, в схеме эволюции Джинса предполагалось, что подавляющее большинство звезд имеют почти одинаковый возраст. Согласно Джинсу (1929) [14] существуют свидетельства массового рождения звезд примерно в эпоху Солнца, и это естественным образом приводит к предположению, что наша Галактика родилась из туманности, в которой основной период звездообразования сосредоточен вокруг той эпохи. Следовательно, наблюдаемые различия между звездами связаны с разными начальными условиями звездообразования.

В обеих теориях присутствуют весьма расплывчатые представления об абсолютном возрасте звезд, продолжительности стадий и темпов эволюции звезд, а также о предсказуемом и явно печальном будущем, описанном Джинсом в «театральной» (в прямом и переносном смысле) манере – «...возможно, главная драма Вселенной закончилась, и наша судьба – просто смотреть, как на пустой сцене гаснут нежеланные концы зажженных свечей».

Расплывчатость и неопределенность представлений в значительной степени исходили от незнания природы источника энергии звезд. Поэтому, когда Бете (1939) [15] показал, что термоядерные реакции, в частности горение водорода, являются источником звездной энергии, казалось, что это открытие окончательно может решить и основные проблемы звездной эволюции. Например, согласно Гамову (1939, 1940) [16] «...благодаря нашим нынешним знаниям по ядерной физике проблему звездных источников энергии и основных особенностей звездной эволюции можно считать практически решенной». Однако, несмотря на свою огромную для астрофизики значимость, работа Бете, как ни странно, на тот момент времени не сильно способствовала правильному развитию теории эволюции.

Причиной тому во многом были: а) необоснованное допущение о том, что предложенный Бете тип ядерных реакций является единственно возможным и окончательным, и б) игнорирование пространственно-кинематических/динамических характеристик звезд и статистической механики звездных систем.

В частности, это отмечали Хойл и Литтлтон (1939) [17] в своей критике теории красных гигантов Гамова: «...**в последние годы для исследователей звездной эволюции было принято уделять внимание внутреннему строению, мало или совсем не принимая во внимание динамические особенности. Оказывается, проф. Гамов в основном следовал этой традиции и поэтому ограничил свою статью модификациями, произведенными введением современной ядерной теории** (выделено нами. – А. А.)». При этом сам Хойл оставался приверженцем основной идеи теорий Рассела и Джинса об образовании звезд в далеком прошлом.

Сегодня уже ясно, что к правильному пути приводило не противопоставление этих двух направлений, а их умелое и научно обоснованное сочетание. Это удалось сделать именно Амбарцумяну. Поучительным примером такого сочетания в работах Амбарцумяна по звездным ассоциациям было блестящее решение двух проблем, связанных с О-звездами.

Проблемы О-звезд. Одной из проблем была высокая светимость О-звезд, что указывало на короткую продолжительность стадии О-звезды и ставило под вопрос предположение о том, что они образовались в далеком прошлом. Во избежание этой трудности предполагались разные механизмы «подпитки» О-звезд веществом, компенсирующие потерю массы О-звезд в процессе излучения. Например, Хойлом и Литтлтоном был предложен механизм аккреции межзвездного вещества на О-звезды, который был справедливо раскритикован Гамовым, впоследствии Амбарцумяном и др. Другой проблемой было существование групп О-звезд (или гелиевых звезд, как их тогда называли), исследованных Каптейном (1914, 1918) [18], случайное образование которых было крайне маловероятно из-за сравнительной малочисленности О-звезд.

Из динамических характеристик некоторых группировок О-звезд, названных Амбарцумяном ассоциациями, следует, что они гравитационно не связаны и, следовательно, должны находиться в состоянии расширения и распада. Важно отметить, что расширение скоплений из-за приливного эффекта приводит к изменению первичной, предположительно сферической формы скопления. Из-за дифференциального вращения скопления удлинняются и теряют сферическую форму, чего не наблюдалось в случае ОВ-ассоциаций. Именно этот факт позволил Амбарцумяну предположить, что помимо приливного механизма существует внутренний механизм радиально-симметричного расширения ассоциации, который доминирует над приливным и позволяет ассоциациям сохранять сферическую форму. Для такого доминирования скорость расширения должна быть порядка $5\div 10$ км/с. Последовательный и всесторонний анализ наблюдаемой картины позволил Амбарцумяну исходя из пространственно-кинематических харак-

теристик ассоциаций и входящих в их состав О-звезд оценить их предельный возраст порядка 10^7 лет.

Для О- и В-звезд «возраст» того же порядка ранее оценивался по светимости и источникам энергии, например, Унзо́льдом (1948) [19]. Однако необходимо учесть, что определяемый таким образом «возраст» звезды фактически является оценкой длительности стадии эволюции, на которой находится звезда, и далеко не факт, что длительность стадии совпадает с возрастом звезды. Иначе можно было повторить ошибку Гамова, который в своей теории исходя из высокой светимости красных гигантов заключил, что они – недавно сформировавшиеся молодые звезды. При подобных заключениях никак не учитывались связи между возрастом/эволюционной стадией звезды и ее положением и движением в галактических системах. С этой точки зрения крайне важным было найти альтернативные и независимые оценки возрастов звезд, которые могли подтвердить или опровергнуть полученные оценки, что и было сделано Амбарцумяном в работах по звездным ассоциациям.

Теоретическое предсказание (в 1947–49 гг.) Амбарцумяна о динамической неустойчивости звездных ассоциаций и их расширении подтвердилось в результате анализа пространственных движений (как тангенциальных, так и радиальных) звезд [20–25]. Современные астрометрические исследования с помощью космических обсерваторий HIPPARCOS и GAIA подтвердили предсказание о динамической неустойчивости ассоциаций [26, 27].

Существование группировок О-звезд также нашло естественное объяснение в рамках более общего и фундаментального вывода Амбарцумяна о том, что звезды рождаются группами. Среди них особое внимание было уделено группам со сравнительно малым количеством звезд, с явными признаками положительности полной энергии (звездные цепочки, системы типа Трапеция). Этим системам посвящена, в частности, работа «Кратные системы типа Трапеция» [5], являющаяся образцом решения статистических задач. Некоторые результаты в этой области, заслуживающие дальнейшего рассмотрения, приводятся в неизданной рукописи Амбарцумяна.

Неустойчивость ассоциаций: ранние гипотезы. Большая положительная энергия таких групп и ассоциаций в целом, их расширение, изначально малый объем области образования и другие наблюдательные факты привели Амбарцумяна к нетрадиционной точке зрения на происхождение звезд. Он предположил, что звезды образовались из сверхплотных тел – неизвестного доселе состояния вещества, что противоречило общепринятому мнению о происхождении звезд за счет постепенного сжатия газопылевого облака.

Сегодня можно сказать, что из основных выводов Амбарцумяна только это предположение не нашло поддержку среди большинства других великих астрофизиков того времени. Нетрадиционные космогонические взгляды Амбарцумяна побудили его оппонентов разработать свои теории происхождения ассоциаций и их расширения. Среди прочих вопросов эти

теории должны были ответить на вопрос, почему и как распадаются ассоциации. С этой точки зрения эти теории можно условно разбить на две группы.

В первой группе теории [28–31], по которым начало массового звездообразования и расширение ассоциации происходят одновременно в результате действия общего механизма. Таким механизмом может служить, например, взрыв сверхновой звезды (Эпик, 1953) [28] в облаке протоассоциации, в результате которого происходят радиально-симметричное расширение и уплотнение вещества, окружающего сверхновую звезду, и одновременно генерируется образование звезд ассоциаций. В работах Оорта и Спитцера [29–31] аналогичная роль отводится звездам типа О очень высокой светимости. Во вторую группу входят теории Цвикки (1953) [32], МакКри (1955) [33], по которым расширение происходит после формирования звезд, вследствие разрушающего воздействия звезд на остатки облака протоассоциации и их вытеснения из тела ассоциаций.

Особняком стоял разработанный Хойлом сценарий «периодического омоложения» старых массивных звезд при их случайном прохождении через межзвездные облака. Согласно Хойлу совокупность «омоложенных» массивных звезд при выходе из этих облаков выглядит как ОБ-ассоциация. Так он пытался «примирить» свою теорию аккреции к установившимся реалиям. Эта остроумная гипотеза не нашла дальнейшего развития и применения.

В современные теории образования ассоциаций и их последующего расширения включены некоторые элементы из этих механизмов, но основная идея более близка взглядам Цвикки, при этом нельзя утверждать, что проблема окончательно решена (см. например [27]). Современные гипотезы кратко представлены в хорошем обзоре Райта по звездным ассоциациям [27].

3. Новые перспективы. Открытие ассоциаций и группового характера звездообразования позволило непосредственно изучить природу и космогоническую роль двойных и кратных звезд, звездных цепочек, систем типа Трапедия, газовых и кометных туманностей, нестабильных звезд, вспыхивающих звезд, эмиссионных звезд, глобул, FUors и EXors, YSO, объектов Хербига – Аро, звезд AeBe Хербига и т.п. Начало этим работам было положено в трудах Амбарцумяна, Хербига, Аро и др. Качественный и количественный рост наблюдательных возможностей позволил со временем получить уникальные результаты.

То же самое нельзя сказать об исследованиях ассоциаций как звездных систем и их субструктур. В этом вопросе развитие шло более умеренно. Объективной причиной тому были сравнительно медленное расширение и обогащение наблюдательной базы для таких исследований. Для качественного прорыва в этой области требовались высокоточные астрометрические данные (координаты, параллаксы, собственные движения).

Определенный прогресс был достигнут в конце XX в. благодаря космической астрометрической обсерватории HIPPARCOS, точность определения астрометрических параметров которой была 0.001"/год.

Группа голландских астрономов во главе с Блаау, используя данные HIPPARCOS, значительно пересмотрела и улучшила описание молодых звездных групп в окрестностях Солнца на расстояниях до 650 пк [26]. Эта и другие работы (см. например [26, 27] и ссылки в них), основанные на данных HIPPARCOS, привели к новым интересным результатам включая первые исследования пространственной структуры ОБ-ассоциаций, отождествление убегающих ОБ-звезд, выброшенных из ассоциаций, открытие новых ОБ-ассоциаций, изучение структуры Галактики на основе кинематики ОБ-ассоциации и др.

Однако данные HIPPARCOS были недостаточно точны, чтобы определить внутреннюю структуру даже ближайших ассоциаций, получить точные оценки кинематических возрастов и т.п. Другим важным ограничением HIPPARCOS была недостаточная для изучения ассоциаций ОБ глубина его обзора по звездной величине. Даже для близких ассоциаций приходилось ограничиваться только наиболее яркими членами ассоциации.

В настоящее время ситуация резко меняется в лучшую сторону благодаря данным космического астрометрического телескопа GAIA, преемника HIPPARCOS, запущенного в конце 2013 г. По сравнению с HIPPARCOS точность основных астрометрических параметров и объем данных GAIA превосходят до 10^3 раз и более. Это позволяет поставить и решать качественно новые задачи. Стоит отметить, что поскольку данные GAIA с каждым выпуском обновляются, то полученные на настоящий момент результаты в определенной степени предварительные. Третий ранний выпуск (релиз) GAIA DR3 был в конце 2020 г., а окончательный намечается в первой половине 2022 г. С ним связаны большие надежды во многих областях астрономии и астрофизики.

Ниже приводится далеко неполный перечень некоторых задач, связанных с ассоциациями, в которых можно достичь качественно новых результатов с помощью данных GAIA:

- Существенное увеличение количества ассоциаций и их звезд. Последний каталог включает в себя 78 ОБ ассоциаций, из них 10 хорошо изученных и еще 36 уверенно определенных [27]. Для сравнения, в первый список ОБ-ассоциаций, составленный Маркаряном в Бюраканской обсерватории, включены 25 ассоциаций, при этом реальность 6 из них согласно Маркаryanу нуждалась в дополнительной проверке [34]. Отметим, что в 1961 г. в Беркли на собрании MAC Комиссия 37 (Звездные скопления и ассоциации) рекомендовала использовать номенклатуру Маркаряна.

Часть 78 ОБ ассоциаций обнаружена с помощью данных GAIA DR1 и GAIA DR2. Очевидно, что эта часть будет еще расти.

- Определение состава населения по физическим типам объектов,

изучение роли «нетитульных» объектов в процессах формирования и расширения ассоциации. При этом очень важным для понимания механизма расширения представляется вопрос: участвуют ли «нетитульные» звезды, наряду с «титульными» ОВ- и Т Тау-звездами, в расширении ассоциации? Если да, то каким образом?

- Существенное расширение пространственно-временных рамок исследований ассоциаций.

Под этим для отдельно взятой ассоциации имеется в виду:

а) возможность обнаружения и изучения внешних частей ассоциаций, которые из-за расширения ассоциаций растворились в звездном поле и обнаружение которых в недалеком прошлом было практически неосуществимым. Внешние части, наверняка, несут в себе не только информацию о своем будущем, но и о самой начальной фазе формирования и расширения ассоциации;

б) возможность путем обращения вспять высокоточных собственных движений определения начального момента расширения и области, из которой оно началось.

Для совокупности ассоциаций имеется в виду:

а) возможность обнаружения ассоциаций на самых ранних и поздних стадиях развития и распада, что позволит проследить пути эволюции ассоциаций как звездных систем;

б) возможность обнаружения и исследования новых ассоциаций на далеких расстояниях от Солнца, определения их роли в формировании разных подструктур Галактики, в частности, волны Редклиффа, обнаруженной совсем недавно с помощью телескопа GAIA. Это самое большое газовое скопление из известных в нашей Галактике и содержит 4/5 от всех облаков пояса Гулда: облако Ориона, молекулярное облако Персея, молекулярное облако Тельца, Цефей OB2, а также Большой Пёс OB1, туманность Северная Америка и Лебедь X. Масса структуры составляет порядка $3 \cdot 10 M_{\odot}$, в длину волна достигает 2.7 кпк при амплитуде 160 пк [35].

- Определение принадлежности звезд к данной ассоциации, определение подструктур ассоциаций. Важность этой задачи трудно переоценить. Наличие нескольких центров звездообразования в теле ассоциации сильно запутывает наблюдаемую картину. Неудивительно, что разные группы авторов получают диаметрально противоположные результаты о распаде одной и той же ассоциации. Построение 3D изображений ассоциаций с помощью данных GAIA позволит выявить детали структуры, невидимые на 2D изображениях.
- Рассмотрение ассоциаций в качестве переходной фазы между очагами звездообразования и звездами поля, изучение структурных особенностей и механизмов обогащения звездного поля звездами ассоциаций. В этой связи выделим две проблемы:

а) сферически радиальное расширение ассоциаций со временем неизбежно меняет их форму, как только влияние приливных сил начинает преобладать над внутренним механизмом расширения. Вследствие этого

можно ожидать обогащения звездного поля ассоциациями в виде эллиптических звездных структур и звездных потоков [36]. Для отождествления и изучения этих структур данные GAIA представляются незаменимыми;

б) данные GAIA дают несравненно больше возможностей и для решения проблемы убегающих и гипербыстрых звезд, часть которых, несомненно, выброшена из ассоциаций с аномально высокими скоростями.

- Исследование двойных и кратных звезд, систем типа Трапеции, поиск возможных кандидатов в экзопланеты.
- Непосредственное изучение кинематики и динамики звезд Т-ассоциаций было значительно ограничено из-за малых собственных движений и малой точности их определения. Высокоточные данные GAIA позволяют надеяться на серьезный прогресс и в этом направлении.

Заключительные заметки. Надо, однако, отметить, что сами по себе данные GAIA не гарантируют получения строгих, научно обоснованных результатов. Сложная и неоднозначная наблюдаемая картина, огромный массив данных, наверняка, потребуют применения современных методов машинного программирования, возможно, с привлечением искусственного интеллекта. Однако первичным и более важным были и остаются правильная постановка задачи и научный подход к решению проблемы. Открытие ассоциаций 75 лет назад является поучительным примером того, как из анализа скудных данных, не идущих ни в какое сравнение с сегодняшними базами данных, были сделаны основополагающие для звездной эволюции и космогонии выводы. Амбарцумян и Бюраканская обсерватория играли ведущую роль в исследованиях ассоциаций и их населения, особенно в начале этих исследований. Теперь, когда благодаря новым данным открылись несравненно большие возможности исследований ассоциаций, крайне желательно дать новый импульс работам по звездным ассоциациям.

Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В. Амбарцумяна НАН РА
e-mail: aakopian57@gmail.com

А. А. Акопян

Звездные ассоциации: история открытия и перспективы

Работа посвящена 75-летию юбилею открытия звездных ассоциаций. Представлена определяющая роль работ В. А. Амбарцумяна в теории эволюции звезд на фоне существовавших тогда теорий звездной эволюции. Особое внимание уделено подходу Амбарцумяна при решении этих задач. Кратко представлены новые задачи звездных ассоциаций, решение которых стало возможным благодаря новым астрометрическим данным.

Ա. Ա. Հակոբյան

Աստղասփյուռներ. հայտնագործության պատմությունը և հետանկարները

Աշխատանքը նվիրված է աստղասփյուռների հայտնաբերման 75-ամյակին: Համբարձումյանի աշխատանքների որոշիչ դերը աստղերի էվոլյուցիայի տեսության մեջ ներկայացված է աստղերի էվոլյուցիայի այն ժամանակ գոյություն ունեցող տեսությունների ֆոնին: Այս խնդիրների լուծման ժամանակ առանձնահատուկ ուշադրություն է դարձվել Համբարձումյանի որդեգրած մոտեցմանը: Համառոտ ներկայացված են աստղասփյուռների հետ կապված որոշ նոր խնդիրներ, որոնց լուծումը հնարավոր է դառնում աստղաչափական նոր տվյալների շնորհիվ:

A. A. Akopian

Stellar Associations: History of Discovery and Prospects

The work is devoted to the 75th anniversary of the discovery of stellar associations. The decisive role of Ambartsumian's work in the theory of stellar evolution is presented against the background of the then-existing theories of stellar evolution. Particular attention is paid to Ambartsumyan's approach to solving these problems. Briefly presents new problems of stellar associations, the solution of which became possible thanks to new astrometric data.

Литература

1. *Ambartsumian V. A.* The evolution of stars and astrophysics. Acad. Sci. ArmSSR, Yerevan. 1947. 36 p.
2. *Ambartsumian V. A.* – *Astronomicheskii Zhurnal*. 1949. V. 26. P. 3-9.
3. *Ambartsumian V. A.* – *Doklady Akad. Nauk USSR*. 1949. V. 68, 21-22.
4. *Ambartsumian V. A.* – *Izv. Akad. Nauk USSR*. 1950. Phys. Ser. V. 14. P. 15-24.
5. *Ambartsumian V. A.* – *Communications of the Byurakan Astrophysical Observatory*. 1954. V. 15. P. 3-40.
6. *Ambartsumian V. A.*, *Liege Intern. Astrophysical Colloquia*. 1954. V. 5. 293 p.
7. *Ambartsumian V. A.*, *Trans. Intern. Astron. Union*. 1954. V. 8. 681 p.
8. *Ambartsumian V. A.* – *Observatory*. 1955. V. 75. P. 72-78.
9. *Ambartsumian V. A.* – *Endeavour*. 1959. V. 18. P. 45-51.
10. *Russell H. N.* – *Nature*. 1914. V. 14. P. 227-286.
11. *Russell H. N.* *Proceedings of the National Academy of Science*. 1919. V.5. 391p.
12. *Lockyer N.* – *Proc. Roy. Soc.* 1899. V. 65. P. 186-191.
13. *Lockyer N.* – *Phil. Trans.* 1893. V. 184. P. 675-726.
14. *J Jeans, J. H.* *Astronomy and Cosmogony*. 1929. 428 p.
15. *Bethe H. A.* – *Phys. Rev.* 1939. V. 55. 434-456.
16. *Gamow G.* – *Nature*. 1939. V. 144. P. 620-622; 1940. V. 146. P. 97.
17. *Hoyle F., Lyttleton K. A.* – *Nature*. 1939. V. 144. P. 1019-1020.
18. *Kapteyn J. C.* – *Astrophys. J.* 1914. V. 40. P. 43-127; 1918. V. 47. P. 104-133, 146-178, 255-282.
19. *Unsold A.* – *Z. Astrophys.* 1948. V. 24. P. 278-305.
20. *Blaauw A.* – *Bull. of the Astronomical Institutes of the Netherlands*. 1952. V. 11. P. 405-413.

21. *Blaauw A.* – Annual Review of Astronomy and Astrophysics. 1964. V. 2. P. 213-246.
22. *Blaauw A.* Problems of Physics and Evolution of the Universe., ed. L. V. Mirzoyan, Yerevan, Publ. House of the Armenian Academy of Sciences. 1978. 101 p.
23. *Mirzoyan L. V.* – Communications of the Byurakan Astrophysical Observatory. 1961. V. 29. P. 81-105.
24. *Mirzoyan L. V.* – Transactions of the International Astronomical Union, Series B. 1966. V. 12B. 419 p.
25. *Mirzoyan L. V., Mnatsakanyan M. A.* – Astrophysics. 1970. V. 6. P. 221-231.
26. *de Zeeuw P. T., Hoogerwerf, R., de Bruijne, J. H. J. et al.* – The Astronomical Journal. 1999. V. 117. P. 354-399.
27. *Wright N. J.* – New Astronomy Reviews. 2020. V. 90. 101549.
28. *Öpik E. J.* – Irish Astronomical Journal. 1953. V. 2. P. 219-233.
29. *Oort J. H.* – Astrophys. J. 1952. V. 116, P. 223-250.
30. *Oort J. H.* – Bull. of the Astronomical Institutes of the Netherlands. 1954. V. 12. P. 177-185.
31. *Oort J. H., Spitzer L.* – The Astrophysical Journal. 1955. V. 121. P. 6-23.
32. *Zwicky F.* – Publications of the Astronomical Society of the Pacific. 1953. V. 65. P. 205-206.
33. *McCrea W. H.* – Observatory. 1955. V. 75. P. 206.
34. *Markarian B. E.* – Proc. Acad. Sci. Armenian SSR. 1952. V. 15. P. 11-15.
35. *Alves J., Zucker C., Goodman A. A. et al.* – Nature. 2020. V. 578. P. 237-239.
36. *Тутуков А. В., Сизова М. Д., Верецагин С. В.* – Астрономический журнал. 2020. Т. 97. С. 820-832.

НЕЙРОХИМИЯ

УДК 547:855+615.213:615.214

DOI: 10.54503/0321-1339-2022.122.1-41

Член-корреспондент НАН РА Г. Г. Данагулян^{1,2},
Р. Г. Пароникян², А. П. Бояхчян², И. М. Назарян², В. К. Гарибян¹

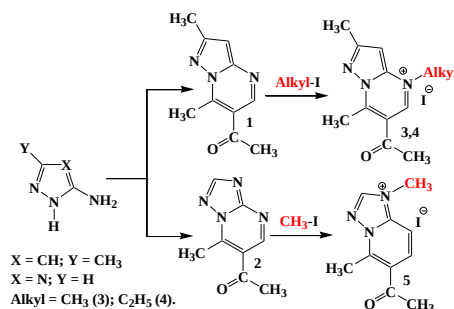
Синтез и исследование противосудорожной активности азоло[1,5-а]пиримидинов и продуктов их алкилирования

(Представлено 9/II 2022)

Ключевые слова: *пиразоло[1,5-а]пиримидины, 1,2,4-триазоло[1,5-а]пиримидины, алкилийодиды, противосудорожное действие, коразоловые судороги.*

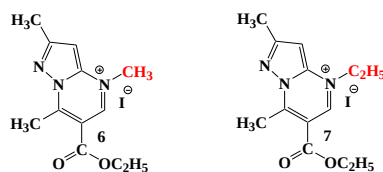
В представленном сообщении описан синтез некоторых замещенных пиразоло[1,5-а]- и 1,2,4-триазоло[1,5-а]пиримидинов и продуктов их алкилирования, а также приведены результаты испытаний синтезированных веществ на противосудорожное действие. Известно, что подобные системы обладают высокой противоопухолевой и антибактериальной [1], а также нейротропной и противосудорожной активностями [2, 3].

Синтез исследованных соединений проведен по приведенной ниже схеме, включающей конденсацию α -аминоазолов с этоксиметилиденацетилацетоном, что приводит к получению 6-ацетил-2,7-диметилпиразоло[1,5-а]-(1) и 6-ацетил-7-метил-1,2,4-триазоло[1,5-а]пиримидинов (2), а также последующее алкилирование соединений 1 и 2 метил- и этилийодидами.



Спектрально (ЯМР, с использованием методики NOESY) доказано, что алкилирование идет неоднозначно и зависит от строения азоло[1,5-а]пиримидина. В реакции 6-ацетил-2,7-диметилпиразоло[1,5-а]пиримидина (1) с указанными алкилйодидами реакция протекает по атому азота N-4 пиримидинового кольца и образуются йодиды 6-ацетил-2,4,7-триметилпиразоло[1,5-а]пиримидиния (3) и 6-ацетил-2, 7-диметил-4-этилпиразоло[1,5-а]пиримидиния (4), тогда как соответствующий 6-ацетил-7-метил-1,2,4-триазоло[1,5-а]пиримидин (2) алкилируется с участием атома азота N-3 триазольного кольца, что приводит к получению йодида 6-ацетил-3,7-диметил-1,2,4-триазоло[1,5-а]пиримидиния (5).

С целью выяснения влияния 6-ацетильной группы на биологическую активность азолопиримидинов была изучена активность также солей, содержащих в положении 6 сложноэфирную группу – йодидов 2,4,7-триметил-6-этоксикарбонилпиразоло[1,5-а]пиримидиния (6) и 2,7-диметил-4-этил-6-этоксикарбонилпиразоло[1,5-а]пиримидиния (7), синтезированных ранее по аналогичной схеме взаимодействием 5-амино-3-метилпиразола с этиловым эфиром этоксиметилиденацетоксусной кислоты и последующим алкилированием, соответственно, реакциями с метилйодидом и этилйодидом.



Материал и методы. Исследование противосудорожной активности 7 соединений, а именно, 6-ацетил-2,7-диметилпиразоло[1,5-а]пиримидина (1), 6-ацетил-7-метил-1,2,4-триазоло[1,5-а]пиримидина (2), йодида 6-ацетил-2,4,7-триметилпиразоло[1,5-а]пиримидиния (3), йодида 6-ацетил-2,7-диметил-4-этилпиразоло[1,5-а]пиримидиния (4), йодида 6-ацетил-3,7-диметил-1,2,4-триазоло[1,5-а]пиримидиния (5), йодида 2,4,7-триметил-6-этоксикарбонилпиразоло[1,5-а]пиримидиния (6) и йодида 2,7-диметил-4-этил-6-этоксикарбонилпиразоло[1,5-а]пиримидиния (7) проводили на белых лабораторных мышах обоего пола массой 18-24 г. Использовали модели судорог, вызванных коразолом (пентилентетразол) и электрическим током [4-7]. О противосудорожной и возможной транквилизирующей активности соединений судили по предупреждению коразоловых клонических судорог [4], являющейся моделью малых судорожных припадков. Коразоловые клонические судороги получали при подкожном введении коразола в дозе 90 мг/кг. Противосудорожную активность соединений определяли также по предупреждению тонико-экстензорной фазы судорожного припадка максимального электрошока (МЭШ), являющейся моделью больших судорожных припадков. Параметры максимального электрошока 50 мА, длительность 0.2 с, частота колебаний 50 имп/с, крите-

рием оценки является предупреждение тонико-экстензорной фазы судорожного припадка.

Пиримидины-основания (соединения **1** и **2**) вводили внутривентриально в дозах 50-200 мг/кг во взвеси с карбоксиметилцеллюлозой с твин-80 за 45 мин до введения судорожных агентов и нанесения электрического раздражения, тогда как йодиды азолопиримидиния (соединения **3-7**), растворимые в воде, вводили за 30 мин до судорожных агентов и МЭШ. Контрольным животным вводили эмульгатор. Каждую дозу соединений по каждому тесту изучали на 5 животных. Аналогом сравнения служили известный противоэпилептический препарат этосуксимид (заронтин), применяющийся при лечении абсансов и миоклонических судорог [8], вводимый мышам в дозах 50-300 мг/кг внутривентриально, и известный транквилизатор диазепам, вводимый в дозах 0.1-2.0 мг/кг.

Изучено побочное нейротоксическое (миорелаксантное) действие соединений и этосуксимида в дозах от 50 до 200 мг/кг при внутривентриальном введении. Миорелаксацию исследовали по тесту «вращающегося стержня» у мышей [4, 9]. С этой целью мышей помещали на металлический стержень с гофрированным резиновым покрытием, который вращался со скоростью 5 оборотов в минуту. Определяли число животных, не способных удерживаться на нем в течение 2 мин. Определяли также острую суточную токсичность соединений при внутривентриальном введении. Для определения 50%-ных эффективных доз (ED_{50}), вызывающий противосудорожный эффект у 50% животных, использовали статистический метод пробит-анализа по Литчфилду и Уилкоксона [10].

Для тестируемых соединений определяли также исследовательскую активность при регистрации их спонтанного двигательного поведения на модифицированной модели «открытое поле» на крысах (в каждой группе по 6 животных). Использовалась установка, дно которой разделено на квадраты и имеет отверстия (ячейки). Опыты проводились в дневное время при естественном освещении. Исследуемые соединения вводили крысам в наиболее эффективной дозе – 50 мг/кг внутривентриально. В течение 5 мин эксперимента у опытных и контрольных групп животных определялось количество горизонтальных перемещений (пересечений квадратов), обнюхиваний ячеек и вставания на задние лапки (вертикальные перемещения) [11, 12].

Антитревожное, седативное и антидепрессивное действие изучали на мышах на модели «приподнятый крестообразный лабиринт» (ПКЛ) [13, 14]. Это приподнятая над полом крестообразная установка, имеющая по паре расположенных друг против друга открытых и закрытых рукавов. Нормальные животные предпочитают большую часть времени проводить в закрытых (темных) рукавах лабиринта. При этом фиксируются время, проведенное в закрытом рукаве, количество попыток зайти в закрытые рукава и время нахождения в центре установки. В вышеуказанной модели исследуемые соединения и препараты сравнения вводили внутривентриально до проведения экспериментов. Контрольным животным вводили

эмульгатор. Результаты обрабатывались статистически ($P \leq 0.05$).

Экспериментальная часть: результаты и обсуждение. Общая методика получения азоло[1,5-а]пиримидинов 1 и 2. Кипячением с обратным холодильником в течение 4-6 ч эквимольных количеств этоксиметил-иденацетилацетона, соответственно, с 3-метил-5-аминопиразолом либо 5-амино-1,2,4-триазолом получают 6-ацетил-2,7-диметилпиразоло[1,5-а]пиримидин (**1**) и 6-ацетил-7-метил-1,2,4-триазоло[1,5-а]пиримидин (**2**). Выходы, соответственно, **1** – 72.6% и **2** – 73%.

Общая методика получения метил- и этилйодидов азолопиримидинов 3-5. Пиразолопиримидин **1** и триазолопиримидин **2** (по 0.0046 моль) засыпают в ампулу, добавляют избыток – 0.031 моль (соотношение 1:6.7) соответствующего йодида – 4.4 г (2 мл) метилйодида или 4.84 г (2 мл) этилйодида. Ампулу запаивают и нагревают в кипящей водяной бане в течение 6-8 ч. По окончании ампулу охлаждают, вскрывают, осадок отфильтровывают, промывают эфиром, высушивают и перекристаллизовывают из гексана. Выход, соответственно, йодида **3** – 1.3 г (87%), йодида **4** – 0.95 г (60%), йодида **5** – 1.1 г (75%). Синтез йодидов **6** и **7** осуществлен по методике, описанной [15].

Результаты биологических исследований показали, что изученные соединения и этосуксимид не проявляют антиэлектрошокового действия. В дозе 200 мг/кг у исследованных соединений и сравниваемого этосуксимида не выявлено миорелаксанта действия. Однако у соединений выявлен антагонизм с коразолом. Азоло[1,5-а]пиримидины в дозе 50 мг/кг в той или иной степени проявляют антикоразоловое действие. Данные по антикоразоловой активности наиболее активных из них – йодидов **3-5** представлены в табл. 1. Остальные соединения проявляют 40%-ную эффективность. В таблице представлено также действие этих соединений и референтных препаратов на модели «открытое поле».

Таблица 1

**Противосудорожная и исследовательская активности соединений
N 3, 4, 5 и референтных препаратов**

Соединение, доза, мг/кг	Антагонизм с коразолом (ЭД ₅₀ , мг/кг)	Количество (в абсолютных значениях за 5 мин)*		
		горизонталь- ных перемещений	вертикальных перемещений	обследованных ячеек
Контроль (эмульгатор)	-	10.8 ± 2.2	5.8 ± 1.9	1.4 ± 0.3
3 (50)	34 (22.6 ÷ 57.0)*	13.8 ± 2.8	8.6 ± 1.4	2.2 ± 0.5**
4 (50)	125 (104.2 ÷ 150)	14.4 ± 2.5	5.6 ± 1.2	2.3 ± 0.4**
5 (50)	41 (22.5 ÷ 59.2)	9.2 ± 3.7	6.6 ± 2.8	2.5 ± 0.5**
Этосуксимид (200)	155(117.5÷204.5)	12.4 ± 3.5	6.6 ± 1.1	1.5 ± 0.4
Диазепам (2)	0.51 (0.39 ÷ 0.69)	25.6 ± 4.2**	14.0 ± 2.4**	4.5 ± 1.3**

* Доверительные интервалы при уровне вероятности $P = 0.05$.

**Различия статистически значимы по сравнению с контролем.

Как видно из таблицы, ЭД₅₀ изученных соединений по антагонизму с коразолом находится в пределах от 34 до 125 мг/кг. По антикоразоловой активности исследуемые соединения превосходят сравниваемый аналог этосуксимид, но уступают диазепаму. По нейротоксичности все вышеуказанные соединения проявляют одинаковое действие в сравнении с этосуксимидом, а диазепам намного нейротоксичнее. Фактически по защитному индексу исследуемые йодиды азоло[1,5-а]пиримидиния **3-5** безопаснее этосуксимида по проявляемому ими побочному нейротоксичному эффекту.

В поведенческой модели «открытое поле» у крыс контрольной группы количество горизонтальных перемещений составляло 10.8, вертикальных – 5.8, а обследованных ячеек – 1.4 (табл. 1). Исследуемые соединения вызывают некоторые изменения показателей поведения по сравнению с контролем. При введении соединений **Н 3, 4, 5** и этосуксимида горизонтальные, вертикальные перемещения меняются статистически незначимо, а применение диазепама статистически достоверно приводит к увеличению всех показателей (активирующее действие). Статистически достоверно увеличивается количество обследованных ячеек после введения и отобранных соединений, и диазепама, т.е. имеет место выраженное анти-тревожное действие исследованных соединений и диазепама в отличие от этосуксемида.

На модели «приподнятого перекрестного лабиринта» контрольные животные преимущественно находятся в закрытых рукавах (табл.2). В экспериментальной модели страха – ПКЛ введение соединений, а также сравнительного препарата диазепама привело к статистически значимому снижению времени нахождения животных в закрытых рукавах, при этом также уменьшается число заходов в закрытые рукава.

Таблица 2

Влияние соединений Н 3, 4, 5 и аналогов на модели «приподнятого крестообразного лабиринта» (5 мин исследований)

Препарат, доза, мг/кг	Время нахождения в закрытых рукавах, с*	Число заходов в закрытые рукава*	Время нахождения в центре, с*	Время нахождения в открытых рукавах, с*
Контроль	273.6 ± 22.0	4.8 ± 0.8	21.8 ± 5.0	-
3 (50)	199.0 ± 18.0**	3.4 ± 0.2**	87.4 ± 10.0**	10.6 ± 7.0 **
4 (50)	212.0 ± 32.0 **	3.6 ± 0.4**	80.1.0 ± 6.0 **	7.9 ± 3.2**
5 (50)	231.0 ± 25.0 **	4.0 ± 0.5 **	60.0 ± 7.0 **	9.0 ± 3.0**
Этосуксимид (150)	280.0 ± 42.0	3.8 ± 0.8 **	26.0 ± 6.0	3.0 ± 1.2**
Диазепам (2)	213.2 ± 31.0**	2.5 ± 0.6 **	50.8(42.3÷61)**	16.0 ± 5.0**

*P ≤ 0.05.

** Различия статистически достоверны по сравнению с контролем.

После введения исследуемых соединений, как и диазепама, животные много времени находятся в центре в отличие от контрольных, что может свидетельствовать о некой защитной реакции исследуемых соединений. В дозе 50 мг/кг под воздействием всех отобранных соединений и диазепама животные статистически достоверно долгое время находятся в открытых рукавах в отличие от контроля, что указывает на то, что у соединений выявлено выраженное анксиолитическое действие.

Таким образом, проведенные исследования показали, что йодиды пиразоло[1,5-а]пиримидиния **3**, **4** и 1,2,4-триазоло[1,5-а]пиримидиния **5** проявляют противосудорожное действие по тесту коразоловых судорог. Они менее нейротоксичны, чем функциональные аналоги этосуксимид и диазепам. Отобранные соединения **3**, **4**, **5**, как и диазепам, проявляют также анксиолитическое действие.

Исследование выполнено в Российско-Армянском (Славянском) университете в рамках совместного Российско-Армянского гранта ГРН РА и РФФИ (РФН) 20RF-138.

¹ Российско-Армянский (Славянский) университет

² Научно-технологический центр органической и фармацевтической химии НАН РА

e-mails: gdanag@email.com, paronikyan.ruzanna@mail.ru

**Член-корреспондент НАН РА Г. Г. Данагулян, Р. Г. Пароникян,
А. П. Бояхчян, И. М. Назарян, В. К. Гарибян**

Синтез и исследование противосудорожной активности азоло[1,5-а]пиримидинов и продуктов их алкилирования

Исследовалось противосудорожное действие семи новых соединений – азоло[1,5-а]пиримидинов и продуктов их алкилирования. Опыты проведены на двух судорожных моделях: коразоловых судорогах и максимальном электрошоке. Изучено также побочное нейротоксическое (миорелаксантное) действие этих соединений. Изучена исследовательская активность отобранных трех соединений, а также их анксиолитическое действие. Сравнение проводили с противосудорожным препаратом – этосуксимидом, а также с транквилизатором – диазепамом. Проведенные исследования показали, что йодиды 6-ацетил-2,4,7-триметил- и 6-ацетил-2,7-диметил-4-этилпиразоло[1,5-а]пиримидиния, а также 6-ацетил-3,7-диметил-1,2,4-триазоло[1,5-а]пиримидиния проявляют противосудорожное действие по тесту коразоловых судорог. Они менее нейротоксичны, чем функциональные аналоги. На модели «открытое поле» исследованные соединения, как и диазепам, статистически достоверно увеличивают количество обследованных ячеек, т.е. имеет место выраженное антитревожное действие. На модели «приподнятый крестообразный лабиринт» (ПКЛ) исследованные соединения и диазепам проявляют анксиолитическое действие.

**ՀՀ ԳԱԱ թղթակից անդամ Գ. Հ. Դանագուլյան, Ռ. Գ. Պարոնիկյան,
Ա. Պ. Բոյախչյան, Ի. Մ. Նազարյան, Վ. Կ. Ղարիբյան**

**Ազոլո[1,5-*a*]պիրիմիդինների և դրանց ալկիլման արգասիքների սինթեզը
և հակացնցումային հատկությունների ուսումնասիրությունը**

Ուսումնասիրվել է յոթ նոր միացությունների՝ ազոլո[1,5-*a*]պիրիմիդինների և դրանց ալկիլման արգասիքների հակացնցումային ազդեցությունը: Փորձերն իրականացվել են երկու ցնցումային մոդելների վրա՝ կորագոլային ցնցումներ և առավելագույն էլեկտրաշոկ: Ուսումնասիրվել է նաև միացությունների կողմնակի նեյրոտոքսիկ (մկանաթուլացնող) ազդեցությունը: Հետազոտվել է ընտրված երեք միացությունների հետազոտական ակտիվությունը, ինչպես նաև դրանց անքսիոլիտիկ ազդեցությունը: Համեմատություն է կատարվել հայտնի հակաէպիլեպտիկ դեղամիջոցի՝ էթոսուկսիմիդի, ինչպես նաև տրանկվիլիզատոր դիազեպամի հետ: Ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ պիրագոլո[1,5-*a*]պիրիմիդինիումի և 1,2,4-տրիագոլո[1,5-*a*]պիրիմիդինիումի որոշ յոդիդներ ցուցաբերում են հակացնցումային ակտիվություն կորագոլի հետ անտագոնիզմի թեստով: Դրանք ավելի քիչ նեյրոտոքսիկ են, քան ֆունկցիոնալ նմանակները: Ընտրված միացությունները «բաց դաշտի» մոդելում, ինչպես և դիազեպամը, վիճակագրորեն հավաստի մեծացնում են հետազոտված բջիջների թիվը, այսինքն՝ առկա է ընդգծված հակատագնապային ազդեցություն: «Բարձրացված խաչաձև լաբիրինթոսի» մոդելով ուսումնասիրված միացությունները դիազեպամի նման ցուցաբերում են անքսիոլիտիկ ազդեցություն:

**Corresponding member of NAS RA G. G. Danagulyan, R. G. Paronikyan,
A. P. Boyakhchyan, I. M. Nazaryan, V. K. Gharibyan**

**Synthesis and Study of the Anticonvulsant Activity of
Azolo[1,5-*a*]pyrimidines and Their Alkylation Products**

The anticonvulsant effect of seven new compounds: azolo[1,5-*a*]pyrimidines and their alkylation products was studied. The experiments were carried out on two convulsive models; corazole convulsions and maximum electroshock. The side neurotoxic (muscle relaxant) effect of these compounds has also been studied. The exploratory activity of selected three compounds, as well as their anxiolytic action, was studied. A comparison was made with the antiepileptic drug ethosuximide, as well as with the well-known tranquilizer diazepam. Studies have shown that some alkylidides of the pyrazolo[1,5-*a*]pyrimidines and 1,2,4-triazolo[1,5-*a*]pyrimidines exhibit anticonvulsant activity according to the corazole seizure test. They are less neurotoxic than the functional analogues. In the «open field» model, the selected compounds, as well as diazepam, statistically significantly increase the number of examined cells, i.e. there is a pronounced anti-anxiety effect. On «elevated cross maze» model, the studied compounds and diazepam exhibit an anxiolytic effect.

Литература

1. *Rusinov V. L., Charushin V. N., Chupakhin O. N.* – Russ. Chem. Bull., Int. Ed. 2018. V. 67. № 4. P. 573.
2. *Farag A. A., Abd-Alrahman S. N., Ahmed G. F. et al.* – Pharm. Med. Chem. 2012. V. 345. P. 703–712. DOI: 10.1002/ardp. 201200014.
3. *Ciba-Geigy A. G.* – Пат. ФРГ 2304307; C.A. V. 79, 126535.
4. *Vogel H. G., Vogel W. H.* In: Drug Discovery and Evaluation: Pharmacological Assays. Springer/ Eds Vogel, H. E., Berlin & NY. 2008. P. 569-874.
5. *Loscher W., Schmidt D.* – Epilepsy Res. 1988. V. 2. P. 145–181.
6. *Swinyard E. A.* In: Experimental Models of Epilepsy. NY. Raven Press, 1992. P. 433–458.
7. Drugs Used in Generalized Seizures. Basic and Clinical pharmacology. 9th ed./ Ed. Katzung B. Large Medical Books/McGraw-Hill, 2003.
8. *Маиковский М. Д.* Лекарственные средства. М. Новая волна. 16-е изд. 2020. 1216 с.
9. *Dunham N. W., Miya T. S.* – J. Am. Pharm. Ass. Sci. Ed. 1957. V. 46. № 3. P. 208-209.
10. *Беленький М. Л.* Элементы количественной оценки фармакологического эффекта. Л., 1963. 153 с.
11. *File S. E.* – Behav. Brain. Res. 2001. V. 125. P. 151-157.
12. *Stanford S. C.* – J. Psychopharmac. 2007. V. 21. P. 134-135.
13. *Prut C. B.* – Eur. J. Pharmacol. 2003. V. 463(1-3). P. 3-33.
14. *Pelow S., File S. E.* – Pharmacol. Biochem. and Behav. 1985. V. 24. № 3. P. 525-529.
15. *Danagulyan G. G., Boyakhchyan A. P., Danagulyan A. G. et al.* – Chem. Heterocycl. Comp, 2011. V. 47. P. 321.

ՎԻՐՈՒՍԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

ՀՏԴ 27.88:578

DOI: 10.54503/0321-1339-2022.122.1-49

Է. Ա. Արաբյան

Ապիգենինի և գենիստեինի սիներգիստիկ հակավիրուսային ազդեցությունը խոզերի աֆրիկյան ժանտախտի վիրուսի *in vitro* վարակի վրա

(Ներկայացված է ՀՀ ԳԱԱ թղթ. անդամ Ռ. Մ. Հարությունյանի կողմից 28/II 2022)

Բանալի բառեր. *խոզերի աֆրիկյան ժանտախտի վիրուս, ապիգենին, գենիստեին, հակավիրուսային ակտիվություն, սիներգիզմ:*

Ներածություն: Խոզերի աֆրիկյան ժանտախտի վիրուսը (ԽԱԺՎ) ընտանի և վայրի խոզերին վարակող սուր հեմոռագիկ հիվանդության հարուցիչ է, որն ունի բարձր հիվանդացություն և մահացություն: ԽԱԺՎ-ն երկշղթա ԴՆԹ պարունակող թաղանթավոր վիրուս է, որը պատկանում է *Asfarviridae* ընտանիքին [1]: ԽԱԺՎ-ն առաջացնում է մինչև 100 % մահացություն: Տվյալ հարուցչի դեմ առկա չէ որևէ պատվաստանյութ, այդ իսկ պատճառով հիմնավորված է բնական և արհեստական միացությունների հակավիրուսային իրականացումը ԽԱԺՎ-ի նկատմամբ [2, 3]: Ավելին, վերջին շրջանում, ներառյալ Հայաստանում, ընդգծվում են հակավիրուսային միացությունների մշակման կարևորությունն ու հրատապությունը:

Հակավիրուսային դեղամիջոցների հայտնաբերման լաբորատորիայում հայտնաբերվել է բուսական ծագման ապիգենինի և գենիստեինի (ֆլավոնոիդներ) հակաԽԱԺՎ ակտիվությունը, որն արտահայտված է, համապատասխանաբար, վարակի վաղ և միջանկյալ փուլերում [4, 5]: Բուսական ծագման միացությունները՝ ֆլավոնոիդները, սապոնինները, անտոցիանները, երկրորդային մետաբոլիտներ են, որոնք ճնշում են վիրուսային վարակը վիրուսի կենսական ցիկլի տարբեր փուլերում [6]: Նկարագրված է մի շարք բուսական մզվածքների հակավիրուսային

ակտիվությունը, որտեղ առկա ակտիվ բաղադրիչները ցուցաբերում են համապատասխան ազդեցություն: Մզվածքի հակավիրուսային ակտիվության որոշումից հետո քրոմատոգրաֆիայի մեթոդներով անջատվում են տարբեր ֆրակցիաներ կամ առանձին բաղադրիչներ, որոնց հակավիրուսային ակտիվությունը որոշվում է առանձին: Արդյունքում հայտնաբերվում է էքստրակտի ակտիվ ֆրակցիան, որն ունի հակավիրուսային էֆեկտ:

Առկա են բազմաթիվ աշխատանքներ, որոնք ապացուցում են նյութերի համադրության առավել բարձր ակտիվությունը համեմատած նրանց անկախ ազդեցության: Որպես օրինակ հարկ է նշել յոկովանոլը և սվերտիսինը՝ *Ohwia caudata* բույսի մզվածքից, ցուցաբերում են սիներգիզմ գրիպի վիրուսի դեմ: Ֆլավոնների և ֆլավոնոնների զուգակցությունները ցուցաբերում են արտահայտված հակավիրուսային ազդեցություն հերպես վիրուսի (HSV-1) դեմ: Կան նաև տվյալներ այն մասին, որ պոլիֆենոլներով հարուստ մզվածքները ցուցաբերում են հակավիրուսային ակտիվություն կարմրախտի վիրուսի դեմ [7-9]: Այսպիսով, բազմաթիվ համոզիչ տվյալներ վկայում են բուսական ծագման նյութերի համատեղ մշակման արդյունավետությունը: Քանի որ մեր նախորդ հետազոտությունները ցույց են տվել, որ ապիգենինն ու գենիստեինն ունեն հակավիրուսային բարձր ազդեցություն ԽԱԺՎ վարակի տարբեր փուլերի վրա, մենք ենթադրել ենք, որ վարակված բջիջների համատեղ մշակումը ապիգենինի և գենիստեինի տարբեր կոնցենտրացիաներով պետք է ունենա հակավիրուսային սիներգիստիկ ազդեցություն: Հետևաբար՝ այս աշխատանքի նպատակն էր հետազոտել ապիգենինի և գենիստեինի համատեղ ազդեցությունը ԽԱԺՎ-ով վարակված բջիջների վրա:

Մեթոդներ: *Բջջային գծեր, վիրուսային շտամներ, աճեցման պայմաններ:* Հետազոտությունների համար օգտագործվել է ԽԱԺՎ BA71V լաբորատոր մոդելը: Որպես պերմիսիվ բջջային համակարգ օգտագործվել է կանաչ կապիկի երիկամի Vero վերահյուսվող բջջային գիծը: Բջիջներն աճեցվել են EMEM սննդային միջավայրի (Eagle's modified essential medium-Lonza), L-glutamine հավելմամբ (Lonza) 2 mM, բենզիլպենիցիլին 100 միավոր/մլ (Sigma-Aldrich, Germany) և ստրեպտոմիցին 100 մկգ/մլ (Sigma-Aldrich, Germany) և ցլի սաղմնային շիճուկի (Fetal bovine serum-EuroClone) օգտագործմամբ: Բջիջներն աճեցվել են բջջային ինկուբատորում 37°C և 5% CO₂ 85% խոնավության պայմաններում:

Ապիգենինի և գենիստեինի թունաբանական հետազոտություն: Նախքան ապիգենինի, գենիստեինի և նրանց կոմբինացիաների հակավիրուսային ակտիվության հետազոտումը, որոշվել է նրանց թունաբանությունը Vero բջջային գծի վրա: Հետազոտվող կոնցենտրացիաները

բերված են աղյուսակ 1-ում: Նյութերը լուծվել են DMSO-ում: Բջջային կուլտուրայում DMSO-ի կոնցենտրացիան ցածր է 1%-ից:

Vero բջիջները կուլտիվացվել են 96-ակոսանի ավսետում (20.000 բջիջ/ակոս): Ապիգենինի և զենիստեինի զուգակցվող կոնցենտրացիաներն ավելացվել են Vero բջջային զծի մոնոշերտին և ինկուբացվել 24 ժամվա ընթացքում, որից հետո բջիջները ներկվել են MTT մեթոդով: Այնուհետև ընտրվել են նյութերի այն զուգակցվող կոնցենտրացիաները, որոնց ազդեցությամբ բջիջների կենսունակությունը կազմում է 70% և բարձր: Սիներգիստիկ միավորը հաշվարկվել է Synergy finder ծրագրի օգնությամբ՝ LL4, ZIP պարամետրերի և Bliss ալգորիթմի կիրառմամբ՝ <https://synergyfinder.fimm.fi/synergy/20220309103143305671/>: Այսպես, սիներգիստիկ միավորի -10-ից ցածր միավորը մասնանշում է անտագոնիստիկ ազդեցությունը -10-ից +10 արժեքը ցույց է տալիս համակցության ադդիտիվ ազդեցությունը, +10-ից բարձր միավորը վկայում է սիներգիզմի մասին:

Բջջատոքսիկության փորձարկումները կատարվել են MTT գունաչափական մեթոդով:

Նյութերի կոմբինատիվ ազդեցության հակավիրուսային հետազոտություն: Թունաբանական հետազոտության արդյունքում ստացված տվյալների հիման վրա ընտրվել են ոչ տոքսիկ կոմբինացիաներ հակավիրուսային հետազոտության համար: Vero բջիջները կուլտիվացվել են 24-ակոսանի ավսետներում (100.000 բջիջ/ակոս), 24 ժամ անց վարակվել են ԽԱԺՎ BA71V շտամով 0.2 TCID₅₀/մլ և մշակվել ապիգենինի և զենիստեինի համապատասխան զուգակցվող կոնցենտրացիաներով, որից 24 ժամ անց վերնստվածքը հավաքվել և տիտրվել է Ռիդ-Մյունխի նոսրացումների մեթոդով:

Հակավիրուսային սիներգիստիկ միավորը հաշվարկվել է Synergy finder <https://synergyfinder.fimm.fi/synergy/20220309103143305671/> ծրագրի օգնությամբ՝ LL4, ZIP պարամետրերի և Bliss ալգորիթմի կիրառմամբ:

Ռիդ-Մյունխի նոսրացումների մեթոդ: Վիրուսի քանակական որոշման մեթոդներից մեկը Ռիդ-Մյունխի նոսրացումների մեթոդն է: Նմուշը հաջորդաբար նոսրացվում է 10 անգամ՝ ստանալով լոգարիթմային -1; -2; -3; -4 lg տարբերակները: Այնուհետև 120 ժամ անց լուսային մանրադիտակի օգնությամբ որոշվում է վիրուսի ցիտոպաթիկ ազդեցության չափը բջջային զծի վրա, որի հիման վրա որոշվում է նյութի հակավիրուսային ակտիվությունը:

Վիրուցիդալ մեթոդ: Հետազոտված միացություններից ընտրվել է առավել արտահայտված սիներգիստիկ հակավիրուսային ազդեցու-

թյուն ցուցաբերած կոմբինացիա (ապիզենին, գենիստեին), որը փորձարկվել է վիրուցիդալ հետազոտության մեջ:

Նյութերի համակցության ազդեցությունն արտաբջջային ԽԱԺՎ վիրուսային մասնիկի վրա հետազոտելու նպատակով 50 մկՄ գենիստեինը, 50 մկՄ ապիզենինը, 3.15 մկՄ ապիզենինի և 3.15 մկՄ գենիստեինի զուգակցությունը սենյակային ջերմաստիճանում ինկուբացվել է արտաբջջային վիրուսային մասնիկների սուսպենզիայի հետ: Այնուհետև հեղուկը նստացվել է 96-ակոսանի ափսեում Vero բջջային գծի վրա ԽԱԺՎ BA71V շտամով 0.2 TCID₅₀/մլ, արդյունքում նյութը նստացվել է 20 անգամ, որպեսզի ունենա նվազագույն վիրուսատիկ ազդեցություն: Այնուհետև 24 ժամ անց վերնստվածքը հավաքվել և տիտրվել է Ռիդ-Մյունխի մեթոդով:

Արդյունքներ: *Ապիզենինի և գենիստեինի համատեղ մշակման ազդեցությունը Vero բջջային կենսունակության վրա:* Բջջատոքսիկության հետազոտության արդյունքում ապիզենինի և գենիստեինի 5 կոմբինացիաներ նվազեցրին բջջային կենսունակությունը՝ հանգեցնելով 70%-ից ցածր արժեքի: Մյուս կոնցենտրացիաներն էապես չազդեցին բջջային կենսունակության վրա՝ ընդունելով 70%-ից բարձր արժեք (տվյալները ցուցադրված չեն:

Ինչպես ցույց տվեց սիներգիզմի հաշվարկային բանաձևը, ապիզենինի և գենիստեինի որոշ համակցություններ ցուցաբերեցին սիներգիստիկ, որոշ մասը՝ անտագոնիստիկ, մյուսները՝ ադդիտիվ ազդեցություն բջջային կենսունակության տեսանկյունից (աղ. 1): Աղյուսակում ցույց են տրված ապիզենինի և գենիստեինի սիներգիստիկ միավորները: Բջջային կենսունակության տեսանկյունից լավագույն սիներգիստիկ ազդեցությունը ցուցաբերեց ապիզենինի 25 մկՄ և գենիստեինի 50 մկՄ կոմբինացիան՝ ընդունելով սիներգիստիկ միավորի 10.9 արժեքը: Արտահայտված անտագոնիստիկ ազդեցություն ունեցավ ապիզենին 12.5 մկՄ, գենիստեին 12.5 մկՄ կոնցենտրացիան՝ ընդունելով սիներգիստիկ միավորի -17.6 արժեքը:

Ինչպես նշված է նկ. 1-ում, ապիզենինի (Ա) և գենիստեինի (Բ) հետազոտված բոլոր կոնցենտրացիաները չեն նվազեցնում բջջային կենսունակությունը՝ պահպանելով կենսունակության բարձր արժեքներ:

Ապիզենինի և գենիստեինի համատեղ մշակման հակամԽԱԺՎ ազդեցությունը: Կենսունակության հետազոտության շրջանակներում հայտնաբերված թունավոր կոնցենտրացիաները դուրս մղվեցին հետագա հետազոտությունից, իսկ մյուսները հետազոտվեցին հակավիրուսային ազդեցության տեսանկյունից:

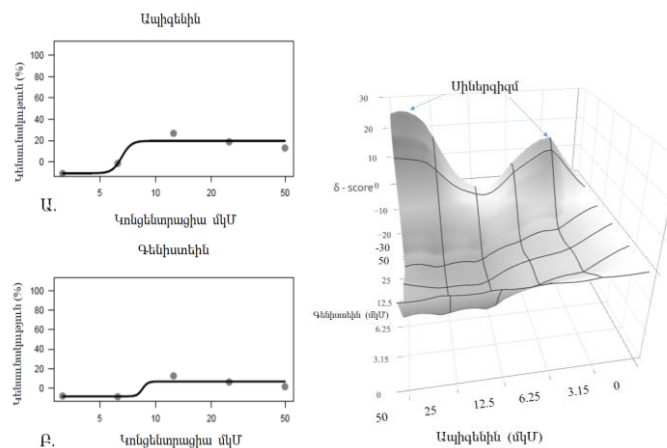
Նկ. 2-ից երևում է, որ ապիզենինը (Ա) և գենիստեինը (Բ) ցուցաբերում են կոնցենտրացիայից կախված հակավիրուսային ակտիվու-

թյուն՝ նվազեցնելով վիրուսային վարակը մինչև 94 և 91.65%, համապատասխանաբար:

Աղյուսակ 1

Ապիգենինի և գենիստեինի կոմբինատիվ ազդեցության սիներգիստիկ միավորների աղյուսակը

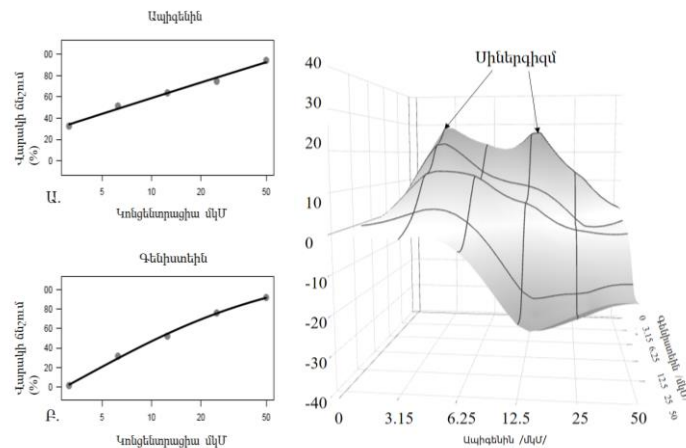
Ապիգենին							
Գենիստեին	Կոնցեն. մկՄ	0	50	25	12.5	6.25	3.15
	0	-	-	-	-	-	-
	50	-	7.66	10.9	-17.2	-10.7	0.61
	25	-	10.3	8.5	-4.6	-4.2	4.4
	12.5	-	-17.2	-17.2	-17.6	-10.6	-7.83
	6.25	-	-4.45	-4.45	-4.45	-2.54	-0.9
	3.15	-	-1.9	-8.7	-10.6	-2.08	1.6



Նկ. 1: Ապիգենինի և գենիստեինի ազդեցությունը բջիջների կենսունակության վրա: Ա) Ապիգենինի կոնցենտրացիայից կախված ազդեցությունը Vero բջջային զծի վրա: Բ) Գենիստեինի կոնցենտրացիայից կախված ազդեցությունը Vero բջջային զծի վրա: Գ) Ապիգենինի և գենիստեինի համակցված ազդեցությունը բջիջների կենսունակության վրա սիներգիստիկ դիագրամի տեսքով:

Սիներգիստիկ դիագրամից (նկ. 2, Գ) երևում է, որ ապիգենինի և գենիստեինի համակցությունները ցուցաբերում են անտագոնիստիկ, ադդիտիվ և սիներգիստիկ ազդեցություն:

Աղյուսակ 2-ում նշված են ապիզենինի և գենիստեինի համատեղ մշակման արդյունքում ստացված սիներգիստիկ միավորները: Միացությունների 8 համակցություն ցուցաբերեցին սիներգիստիկ ազդեցություն՝ ընդունելով սիներգիստիկ միավորի +10-ից բարձր արժեք: Ամենաբարձր սիներգիստիկ միավորը՝ 30.03, ընդունեց ապիզենին 3.15 մկՄ և գենիստեին 3.15 մկՄ համակցությունը:



Նկ. 2: Ապիզենինի և գենիստեինի հակաԽԱԺՎ ազդեցությունը: Ա) Ապիզենինի կոնցենտրացիայից կախված հակաԽԱԺՎ ազդեցությունը: Բ) Գենիստեինի կոնցենտրացիայից կախված հակաԽԱԺՎ ազդեցությունը: Գ) Ապիզենինի և գենիստեինի համակցված հակաԽԱԺՎ ազդեցությունը սիներգիստիկ դիագրամի տեսքով:

Հակավիրուսային հետազոտությունների արդյունքներից ելնելով՝ ընտրվեց 1 սիներգիստիկ կոմբինացիա՝ ապիզենին 3.15 մկՄ, գենիստեին 3.15 մկՄ, որն ուսումնասիրվեց վիրուցիդալ հետազոտության մեջ: Նյութերի զուգակցությունը վիրուցիդալ ազդեցություն չունեցավ:

Արդյունքների քննարկում: Տվյալ հետազոտությունը ցույց տվեց, որ ապիզենինի և գենիստեինի զուգակցությունները բջջային գծի կենսականության տեսանկյունից հիմնականում ադդիտիվ են (զումարային) կամ անտագոնիստիկ: Մինչդեռ այս նյութերի զուգակցություններից ութը ունեն սիներգիստիկ ազդեցություն ԽԱԺՎ-ի վրա: Այստեղից կարելի է եզրակացնել, որ նյութերի կոմբինատիվ մշակումն ուժեղացնում է տվյալ միացությունների հակաԽԱԺՎ ակտիվությունը: Հասկանալի

կան է, որ առավելագույն սիներգիստիկ ազդեցությունն ունենում է նյութերի ամենացածր կոնցենտրացիայով համակցությունը:

Աղյուսակ 2

Գենիստեինի և ապիգենինի կոմբինատիվ մշակման արդյունքում ստացված սիներգիստիկ միավորներ: Աստղանիշով նշված են սիներգիստիկ կոմբինացիաները

		Ապիգենին					
Գենիստեին	Կոնցենտ. մկՄ	0	50	25	12.5	6.25	3.15
	0	-	-	-	-	-	-
	50	-	-8.4	-15.2	-22.2	-3.55	-1.53
	25	-	-16.4	-19.9	-23.5	-1.5	2.65
	12.5	-	-2.98	-2.8	4.93	12.8*	14.1*
	6.25	-	0.06	-3.91	7.76	12.1*	22.5*
	3.15	-	1.21	12.2*	28.8*	22.4*	30.03*

Քանի որ գրականությունից ապիգենինը հայտնի է որպես աուտոֆագիայի խթանիչ [10], իսկ գենիստեինը՝ ԽԱԺՎ տոպոիզոմերազի ինհիբիտոր, հայտնաբերված հակավիրուսային համակցության հակավիրուսային ակտիվությունը կարող է կապված լինել աուտոֆագիայի խթանման և վիրուսային տոպոիզոմերազ ֆերմենտի միաժամանակ արգելակման հետ: Լավագույն համակցությունը ցուցաբերում է վիրոսատիկ և ոչ վիրուցիդալ ակտիվություն, հետևաբար՝ այս միացությունների համակցությունը չի ազդում ԽԱԺՎ վիրուսային մասնիկի կառուցվածքի վրա:

Երախտագիտություն: Աշխատանքն իրականացվել է ՀՀ ԳՊԿ ասպիրանտների և երիտասարդ հայցորդների հետազոտությունների աջակցության ծրագրի ֆինանսական աջակցությամբ:

ՀՀ ԳԱԱ մոլեկուլային կենսաբանության ինստիտուտ
e-mail: erik.arabyan@isec.am

Է. Ա. Արաբյան

Ապիգենինի և գենիստեինի սիներգիստիկ հակավիրուսային ազդեցությունը խոզերի աֆրիկյան ժանտախտի վիրուսի *in vitro* վարակի վրա

Ներկայացված է ապիգենինի և գենիստեինի սիներգիստիկ ակտիվությունը խոզերի աֆրիկյան ժանտախտի վիրուսի դեմ *in vitro*: Առավելագույն սիներգիստիկ

ակտիվությունը ցուցաբերում է ապիգենին 3.15 մկՄ, գենիստեին 3.15 մկՄ կոնցենտրացիոն համակցությունը, որը ցուցաբերում է վիրոսաստիկ և ոչ վիրուցիդալ ազդեցություն: Այս համակցությունը խոստումնալից է հետագա հետազոտությունների համար:

Յ. Ա. Արաբյան

Синергистическое антивирусное воздействие апигенина и генистеина на вирус африканской чумы свиней *in vitro*

Рассматривается синергистическое взаимодействие апигенина и генистеина против вируса африканской чумы свиней *in vitro*. Максимальный синергистический эффект достигается при комбинации апигенина 3.15 мкмоль и генистеина 3.15 мкмоль, которая оказывает виростатический, но не вируцидальный эффект и представляет интерес для дальнейших исследований.

E. A. Arabyan

Synergistic Action of Apigenin and Genistein on the African Swine Fever Virus Infection *in vitro*

In this study synergistic activity of apigenin and genistein against african swine fever virus is addressed. The maximal synergistic interaction was observed for apigenin 3.15 uM, genistein 3.15 uM. This combination has demonstrated virostatic but not virucidal activity. This combination has a potential for further investigations.

Գրականություն

1. Dixon L. K., Sun H., Roberts H. – Antiviral Res. 2019. V. 165. P. 34-41. doi:10.1016/j.antiviral.2019.02.018.
2. Zakaryan H., Revilla Y. – Vet Microbiol. 2016. V. 185. P. 15-19. doi:10.1016/j.vetmic.2016.01.016.
3. Zakaryan H. Porcine Viruses: From Pathogenesis to Strategies for Control. Caister Academics. 2019. 201 p.
4. Hakobyan A., Arabyan E., Avetisyan A. et al. – Arch Virol. 2016. V.161(12). P. 3445-3453. doi:10.1007/s00705-016-3061-y.
5. Arabyan E., Hakobyan A., Kotsinyan A. et al. – Antiviral Res. 2018. V. 156. P. 128-137. doi:10.1016/j.antiviral.2018.06.014.
6. Arabyan E., Kotsinyan A., Hakobyan A. et al. – Virus Res. 2019. V. 270. P. 197669. doi:10.1016/j.virusres.2019.197669.
7. Kwon E. B., Yang H. J., Choi J. G. et al. – Molecules. 2020. Sep. V. 24;25(19). P. 4387. doi: 10.3390/molecules25194387.
8. Amoros M. et al. – Journal of Natural Products. 1992. T. 55. №. 12. C. 1732-1740.
9. Morán-Santibañez K. et al. – Viruses. 2018. T. 10. № 9. C. 465.
10. Kim T. W., Lee H. G. – Int J Mol Sci. 2021. Dec. 15;22(24). P.13455. doi: 10.3390/ijms222413455. PMID: 34948250; PMCID: PMC8706813.

BOTANY

УДК 581.331.2:582.734.3

DOI: 10.54503/0321-1339-2022.122.1-57

A. M. Hayrapetyan, H. H. Sonyan, A. H. Muradyan

**Pollen of Trees and Shrubs of Armenia
(Angiospermae. XIII. Rosaceae. Genus *Sorbus*)**

(Submitted by corresponding member of NAS RA Zh. H. Vardanyan 27/I 2022)

Keywords: *pollen morphology, Sorbus L., LM, SEM.*

Introduction. The polymorphous genus *Sorbus* L. includes 100-250 deciduous trees or shrubs that are widespread mainly in temperate areas in the Northern Hemisphere – Europe, Asia and North America. In the Caucasus and Turkey ca. 35 species occur, the total number of the species in Armenia is 10-15 [1-7].

Palynological investigations of the representatives of the genus *Sorbus* using light microscopy (LM) and scanning electron microscopy (SEM) were carried out by Erdtman et al. [8], Pragłowski [9], Reitsma [10], Gabrielyan [2, 11, 12], Kuprianova, Alyoshina [13], Eide [14], Valdes et al. [15], Bednorz et al. [16], Tokarev [17], Bednorz et al. [18], Perveen, Qaiser [19] general description of the pollen morphology of the genus *Sorbus* in the Armenian flora on the level of light microscopy was presented in Volume III of the Flora of Armenia [20].

Our study provides a detailed analysis of the pollen morphology of 10 species of the genus *Sorbus* of Armenia on the level of light microscopy and scanning electron microscopy.

Material and Methods. The material studied was obtained from the herbarium of the Institute of Botany after A. Takhtajyan, NAS Republic of Armenia, Yerevan (ERE).

The descriptions of the pollen grains with the help of the light microscope are based on the grains stained with basic fuchsin [21] and also on the simplified acetolysis method [22]. Pollen grains for the scanning electron microscopes (Jeol, JSM-35) were vacuum sputter-coated with gold and investigated in the laboratory of electronic microscopy of Botanical Institute, St.- Petersburg, Russia.

The palynological terminology used in our study mainly follows Erdtman

[23], Kuprianova and Alyoshina [24, 25], Punt et al. [26] and Hesse et al. [27].

Ten pollen grains were examined and measured for each investigated specimen.

Specimens examined (species names are given mainly in accordance with The Plant List [28]): *Sorbus armeniaca* Hedl. (ERE, 92160); *S. aucuparia* L. (ERE, 39449; ERE, 71606); *S. caucasica* Zinserl. (ERE, 39447; ERE, 92155 ERE, 193165); *S. graeca* (Spach) Lodd. ex Schauer (= *S. cretica* (Lindl.) Fritsch (ERE, 88202; ERE, 91100; ERE, 116007); *S. hajastana* Gabrieljan: (ERE, 61713; ERE, 98445); *S. persica* Hedl. (ERE, 75790); *S. x roopiana* Bordz. (ERE, 64949); *S. subfusca* (Ledeb.) Boiss. (ERE, 100370); *S. takhtajanii* Gabrieljan (ERE, 90645); *S. torminalis* (L.) Crantz (ERE, 71608).

Results and Discussion. Pollen grains of the investigated species of the genus *Sorbus* L. are 3-zonocolp-porate (Plate 1, phototables I-III), or 3-zonocolp-pore-orate, sometimes 3(4)-zonocolp-pore-orate (*S. hajastana* Gabrieljan (phototable II, 13), *S. x roopiana* Bordz., *S. takhtajanii* Gabrieljan), rarely 6-aperturate (4-zonocolp-poroidate and 1+1-colpate, colpi situated on both

Plate 1

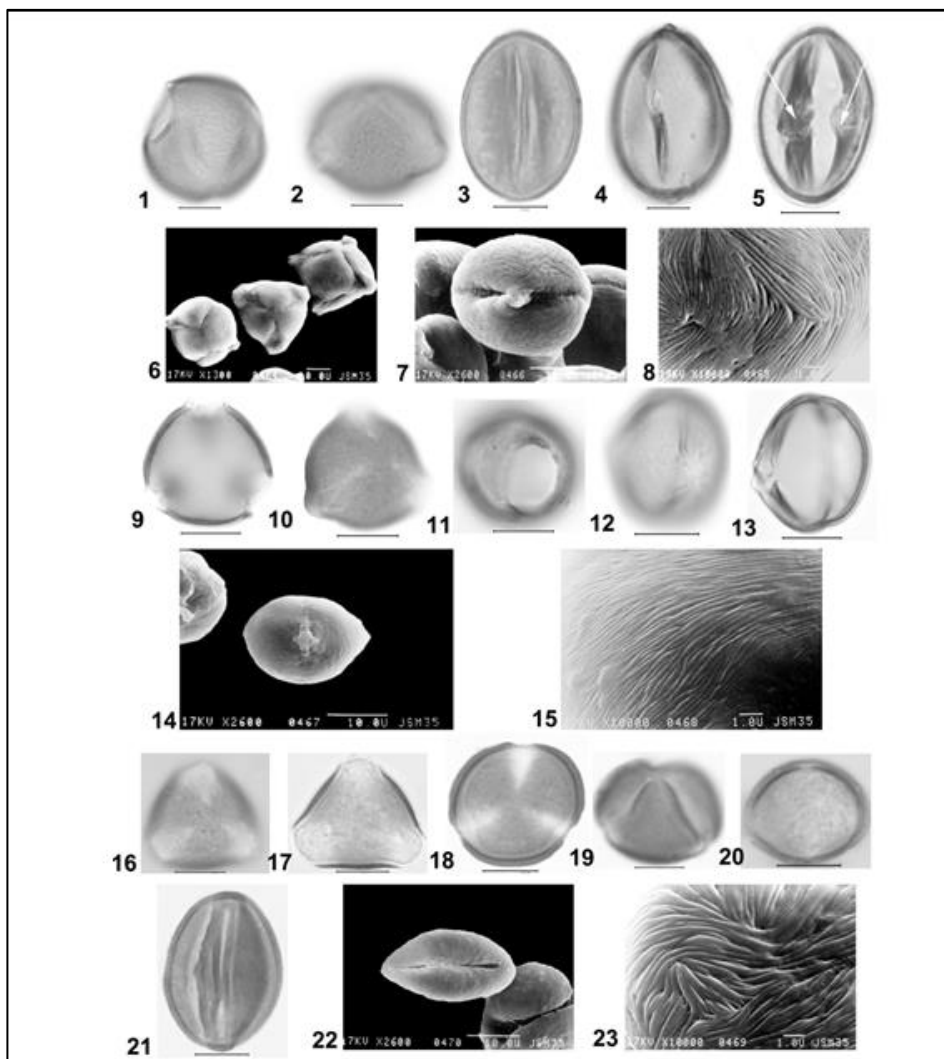
Palynological characteristics of some species of the genus *Sorbus* L.

Species	Pollen grain size (P x E*) (μm)	Colpus		Exine ornamentation		Pollen sterility (Gabrieljan, 1978) (%)
		apocolpium diameter (μm)	mesocolpium width (μm)	LM	SEM	
<i>Sorbus armeniaca</i> Hedl.	28.5-35.7 x 20.1-28.6	3.5-4.7	12.3-16.2	striate, striae short	rarely perforate-striate, striae often branched and curved	45-70
<i>S. aucuparia</i> L.	14.7-23.3 x 17.9-18.5	4.5-5.4	8.3-12.5	finely striate	finely striate	1-7
<i>S. caucasica</i> Zinserl.	18/5-28.9 x 14.8-23.5	4.5-5.1	10.5-12.9	granulate	perforate-finely striate, striae short, often curved	45-70
<i>S. graeca</i> (Spach) Lodd. ex Schauer	23.1-27.8 x 20.5-22.7	4.2-5.3	18.2-23.5	granulate	finely striate, striae short, sometimes	—

* P – polar axis, E – equatorial diameter.

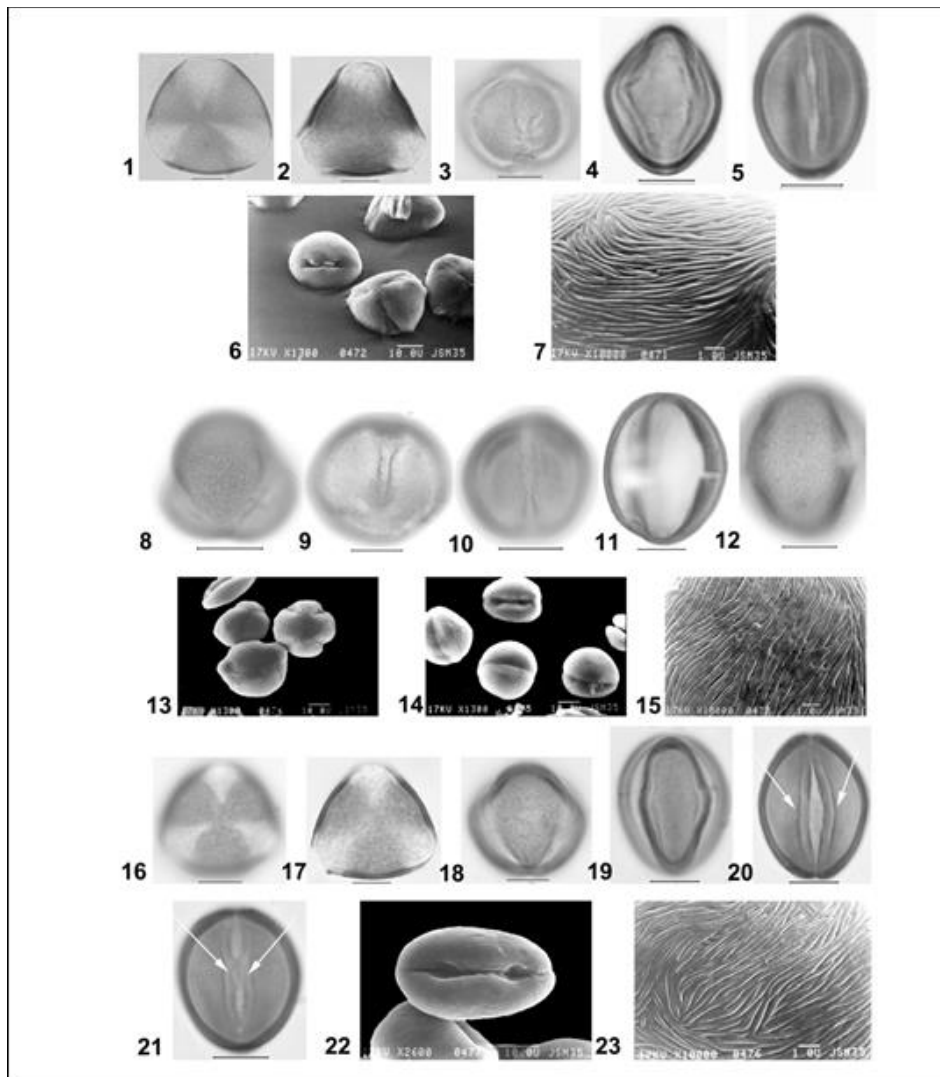
					curved	
<i>S. hajastana</i> Gabrieljan	22.2-28.5 x 22.1-25.6	3.6-4.8	14.9-18.5	finely striate	perforate-finely striate	up to 35
<i>S. persica</i> Hedl.	25.9-32.5 x 16.8-23.8	3.5-4.6	11.8-12.8	granulate	rarely perforate- striate, striae often branched and curved	45-70
<i>S. x roopiana</i> Bordz.	22.1-25.6 x 18.2-22.4	4.1-5.1	18.1-18.5	finely striate	–	up to 35
<i>S. subfusca</i> (Ledeb.) Boiss.	25.4-27.9 x 15.5-23.5	3.5-4.8	12.9-15.8	finely striate	perforate- striate, striae often branched and curved	5-10
<i>S. takhtajanii</i> Gabrieljan	17.5-22.9 x 16.1-23.1	4.2-5.0	14.1-15.6	finely striate	–	45-70
<i>S. torminalis</i> (L.) Crantz	17.1-26.2 x 14.5-22.1	3.8-4.8	12.9-16.1	finely reticulate	–	2-4

poles) (*S. armeniaca* Hedl.), from oblong to oblate, outline in polar view rounded-3(4)-angular or rounded 3(4)-lobed; polar axis (P) 14.7-35.7 μm , equatorial diameter (E) 14.5-28.6 μm . Colpi geniculate, from wide to narrow, sometimes almost slit-like, long, usually with evenly thickened edges and with rounded or pointed, sometimes with anastomosing ends, i. e. synaperturate (*S. takhtajanii*); colpus membrane ornamentation from almost smooth to densely granular; apocolpium diameter 3.5-5.4 μm , mesocolpium width 8.3-23.5 μm . Due to the presence of the geniculum or the convergence of the colpi edges in the equator, pores and ora (if present) often weakly expressed; pores spheroidal, sometimes oblong, with uneven edges; ora small, with pointed ends. Exine 1.4-1.5 μm , columellae thin, separate, with rounded ends. Exine ornamentation granulate, reticulate or striate (LM), exine ornamentation finely striate or perforate-striate, striae often branched and curved (SEM).



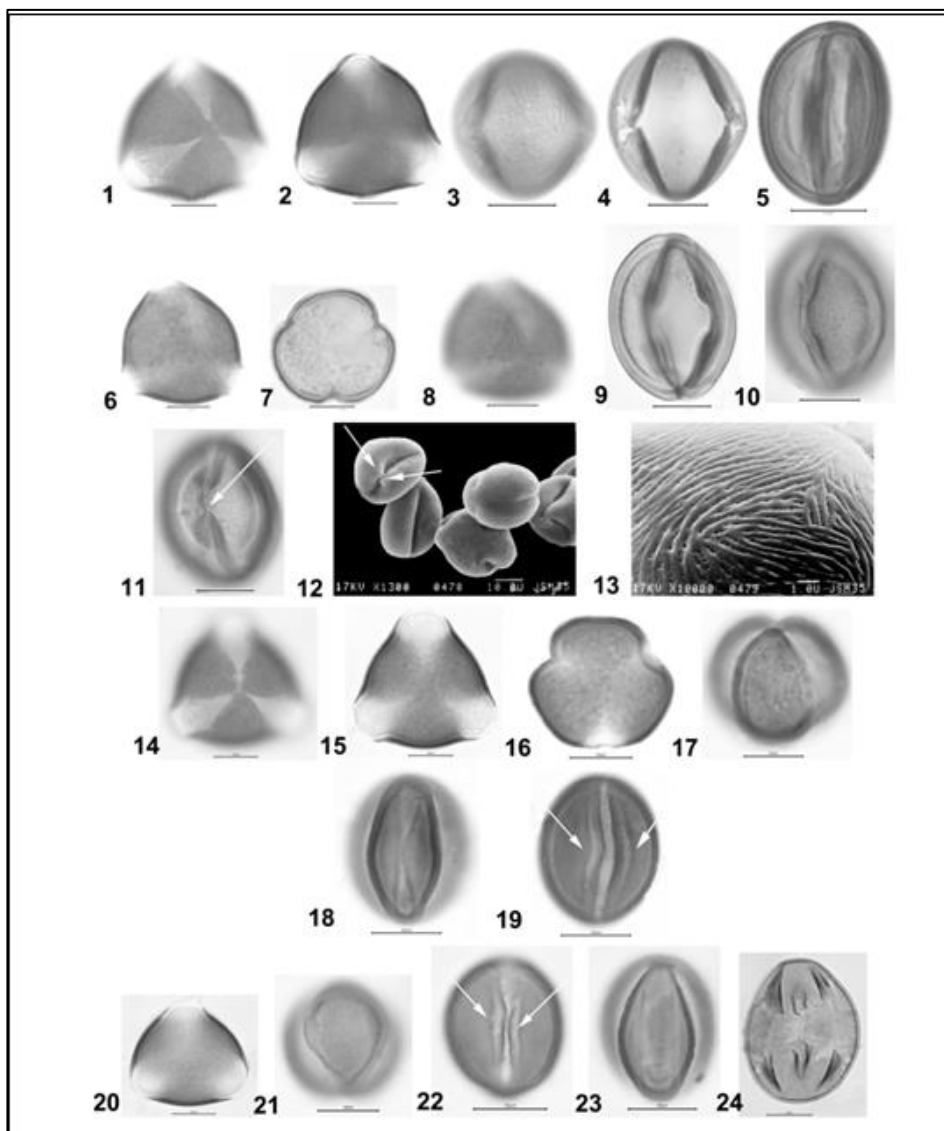
Phototable I. Pollen grains of some species of the genus *Sorbus* L.

1-8 – *S. armeniaca* Hedl.: 1 – pollen grain from semipolar view, 2-5 – pollen grains from equatorial view (5 – colpi with geniculum, marked by arrows) (LM), 6 – 3- and 6 (4+1+1)-aperturate pollen grains from polar view, 7 – pollen grain from equatorial view (aperture), 8 – exine ornamentation (SEM); 9-15 – *S. aucuparia* L.: 9-10 – pollen grains from polar view, 11-13 – pollen grains from equatorial view (LM), 14 – pollen grain from equatorial view (aperture), 15 – exine ornamentation (SEM); 16-23 – *S. caucasica* Zinserl.: 16-19 – pollen grains from polar and semipolar (19) view, 20-21 – pollen grains from equatorial view (LM), 22 – pollen grain from equatorial view, 23 – exine ornamentation (SEM) (scale bar: 1-5, 9-13, 16-21 – 10 µm).



Phototable II. Pollen grains of some species of the genus *Sorbus* L.

1-7 – *S. cretica* (Lindl.) Fritsch & Rech.: 1-2 – pollen grains from polar view, 3-5 – pollen grains from equatorial view (LM), 6 – pollen grains from equatorial and semipolar view, 7 – exine ornamentation (SEM); 8-15 – *S. hajastana* Gabrieljan: 8-9 – pollen grains from semipolar view, 10-12 – pollen grains from equatorial view (12 – exine ornamentation), 13 – 3- and 4-aperturate pollen grains from polar and semipolar view, 14 – pollen grains from equatorial view (apertures), 15 – exine ornamentation (SEM); 16-23 – *S. persica* Hedl.: 16-19 – pollen grains from polar and semipolar (18) view, 19-21 – pollen grains from equatorial view (20 – thickening of colpi edges, 21- colpus with geniculum, marked by arrows), 22 – pollen grain from equatorial view (aperture), 23 – exine ornamentation (SEM) (scale bar: 1-5, 8-12, 16-22 – 10 µm).



Phototable III. Pollen grains of some species of the genus *Sorbus* L.

1-5 – *S. x roopiana* Bordz.: 1-2 – pollen grains from polar view, 3-5 – pollen grains from equatorial view (LM), 6-13 – *S. subfusca* (Ledeb.) Boiss.: 6-8 – pollen grains from polar view, 9-11 – pollen grains from equatorial view (11 – colpus with geniculum, marked by arrow) (LM), 12 – pollen grains from semipolar and equatorial view (colpus with geniculum, marked by arrows), 13 – exine ornamentation (SEM); 14-19 – *S. takhtajanii* Gabrieljan: 14-16 – pollen grains from polar view, 17-19 – pollen grains from equatorial view (19 – thickening of colpi edges, marked by arrows) (LM); 20-24 – *S. torminalis* (L.) Crantz: 20 – pollen grain from polar view, 21-24 – pollen grains from semiequatorial (21) and equatorial view (22 – aperture, thickening of colpi edges, marked by arrows) (LM) (scale bar: 1-11, 14-24 – 10 μ m).

Gabrielian [2] noted, that some of the *Sorbus* species, particular *S. armeniaca* Hedl., *S. caucasica* Zinserl., *S. persica* Hedl., *S. takhtajanii* Gabrielian have a high percentage of sterile pollen grains (Plate 1), so according to the author, these species are either hybrid or polyploid ones. The presence of abnormal pollen grains in these species is also confirmed by our investigations.

Acknowledgements. This study was conducted with the financial support of Nagao Natural Environment Foundation (NEF), Japan.

Institute of Botany after A. Takhtajyan of NAS RA
e-mail: alla.hayrapetyan.63@gmail.com

A. M. Hayrapetyan, H. H. Sonyan, A. H. Muradyan

**Pollen of Trees and Shrubs of Armenia (Angiospermae. XIII.
Rosaceae. Genus *Sorbus*)**

Pollen morphology of 10 species of Armenian trees and shrubs from the genus *Sorbus* L. (family *Rosaceae* Juss.) was studied using light microscopy and scanning electron microscopy.

Ա. Մ. Հայրապետյան, Հ. Հ. Սոնյան, Ա. Հ. Մուրադյան

**Հայաստանի ծառերի և թփերի ներկայացուցիչների ծաղկափոշու
ուսումնասիրությունը (Angiospermae. XIII. *Rosaceae*. *Sorbus* ցեղը)**

Լուսային և սկաներային էլեկտրոնային մանրադիտակների օգնությամբ ուսումնասիրվել է Հայաստանի դեկորատիվ ծառերի *Sorbus* L. ցեղին (*Rosaceae* Juss. ընտ.) պատկանող 10 տեսակների ծաղկափոշու մորֆոլոգիան:

А. М. Айрапетян, А. О. Сонян, А. Г. Мурадян

**Морфология пыльцы деревьев и кустарников Армении
(Angiospermae. XIII. *Rosaceae*. Род *Sorbus*)**

С помощью светового и сканирующего электронного микроскопов изучена палиноморфология 10 видов деревьев и кустарников Армении из рода *Sorbus* L. (сем. *Rosaceae* Juss.).

References

1. Gabrielyan E. Tz. The genus *Sorbus* // Flora of Armenia, 3 (ed. Takhtajan A. L.). Yerevan. 1958. 387 p. (in Russ.) (*Габриэлян Э. Ц. Род Sorbus* // Флора Армении, 3 (ред. А. Л. Тахтаджян). Ереван. 1958. 387 с.).
2. Gabrielyan E. Tz. The genus *Sorbus* in Eastern Asia and the Himalayas (in Russ.) Yerevan. 1978. 264 p. (*Габриэлян Э. Ц. Рябины (Sorbus L.) Западной Азии и Гималаев*. Ереван. Изд-во АН АрмССР. 1978. 264 с.)

3. *Gabrielyan E. Tz.* – Novitates Systematicae Plantarum Vascularium. 2018. V. 49. P. 87-92.
4. *Phipps J. B., Robertson K. R., Smith P. G. et al.* – Can. J. Bot. 1990. Vl. 68. P. 2209-2269.
5. *Aldasoro J. J., Aedo C., Navarro C. et al.* – Syst. Bot. 1998. V. 23. № 2. P. 189-212. <https://doi.org/10.2307/2419588>
6. *Aldasoro J. J., Aedo C., Garmenida F. M. et al.* – Systematic Botany Monographs. 2004. V. 69. № 4. 148 p.
7. *Gabrielyan E. Tz.* Genus *Sorbus*. Key to the flora of Armenia. Manuscript.
8. *Erdtman G., Berglung B., Praglowski J.* – Grana Palynol. 1961. V. 2. № 3. P. 3-92.
9. *Praglowski J.* – Grana Palyn. 1962. V. 3. № 2. P. 45-76.
10. *Reitsma Tj.* – Acta Bot. Neerl. 1966. V. 15. № 2. P. 290-307.
11. *Gabrielyan E. Tz.* – Proceedings of Yerevan State University. 1973. Vol. 1. P. 71-79 (in Russ.) (*Габриэлян Э. Ц.* – Ученые записки ЕГУ. 1973. Т. 1. С. 71-79).
12. *Gabrielyan E. Tz.* In: Palynologia (collection of articles). Yerevan. 1975. P. 19-33 (in Russ.) (*Габриэлян Э. Ц.* В: Палинология (сборник статей). Ереван. 1975. С. 19-33).
13. *Kuprianova L. A., Alyoshina L. A.* Pollen and spores of plants from the flora of European part of the USSR. 2. *Lamiaceae-Zygophyllaceae*. Leningrad. Nauka. 1978. 184 p. (in Russ.) (*Куприянова Л. А., Алешина Л. А.* Пыльца двудольных растений флоры Европейской части СССР. Л. Наука. 1978. 183 с.).
14. *Eide F.* – Grana. 1981. V. 20. P. 101-118.
15. *Valdes B., Diez M. J., Fernandes I.* Atlas polinico de Andalucia Occidental. Universidad de Sevilla. 1987. 451 p.
16. *Bednorz L., Fujiki T., Makohonienko M.* – Rocz. AR Pozn. 2003. V. 354. P. 3-7.
17. *Tokarev P. I.* Palynology of woody plants, growing on the territory of Russia. Synopsis of Doc. of Sci. thesis (Biology). Moscow. 2004. 55 p. (in Russ.) (*Токарев П. И.* Палинология древесных растений, произрастающих на территории России. Автореф. докт. дис. М. 2004. 55 с.).
18. *Bednorz L., Maciejewska-Rutkowska I., Wronska-Pilarek D. et al.* – Acta. Soc. Bot. Pol. 2005. V. 74. № 4. P. 315-322.
19. *Perveen A., Qaiser M.* – Pak. J. Bot. 2014. V. 46. № 3. P. 1027-1037.
20. *Avetisyan E. M., Manukyan L. K.* Description of the pollen of *Buxaceae, Grossulariaceae, Platanaceae, Rosaceae*. Flora of Armenia, 3 (ed. Takhtajan A. L.). Yerevan. 1958. 387 p. (in Russ.) (*Аветисян Е. М., Манукян Л. К.* Описание пыльцевых зерен сем. *Buxaceae, Grossulariaceae, Platanaceae, Rosaceae*. Флора Армении, 3 (ред. А. Л. Тахтаджян). Ереван. 1958. 387 с.).
21. *Smoljaninova L. A., Golubkova V. F.* – DAN USSR. 1950. V. 75. № 1. P. 125-126 (in Russ.) (*Смольянинова Л. А., Голубкова В. Ф.* – ДАН СССР. 1950. Т. 75. № 1. С. 125-126).
22. *Avetisyan E. M.* – Bot. Zhurn. 1950. V. 35. № 4. P. 385-387 (in Russ.) (*Аветисян Е. М.* – Бот. журн. 1950. Т. 35. № 4. С. 385-387).
23. *Erdtman G.* Pollen morphology and plant taxonomy. 1. Angiosperms. The Chronica Botanica Co.: Waltham, Mass., USA, Almqvist and Wiksell, Stockholm. 1952. 539 p.
24. *Kuprianova L. A., Alyoshina L. A.* Palynological terminology of angiosperms. Leningrad. Nauka. 1967. 84 p. (in Russ.) (*Куприянова Л. А., Алешина Л. А.* Палинологическая терминология покрытосеменных растений. Л. Наука. 1967. 84 с.).
25. *Kuprianova L. A., Alyoshina L. A.* Pollen and spores of plants from the flora of European part of the USSR. Leningrad. Nauka. 1972. 171 p. (*Куприянова Л. А., Алешина Л. А.* Пыльца и споры растений флоры Европейской части СССР. Л. Наука. 1972. 171 с.).
26. *Punt W., Hoen P. P., Blackmore S. et al.* – Rev. Palaeobot. Palynol. 2007. V. 143. P. 1-81.
27. *Hesse M., Halbritter H., Zetter R. et al.* Pollen Terminology – An Illustrated Handbook. Springer Wien, New York. 2009. 264 p.
28. *The Plant List.* Genus *Sorbus*. <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/search?q=Sorbus>.

БОТАНИКА

УДК 581.331.2:582.579.2

DOI: 10.54503/0321-1339-2022.122.1-65

А. М. Айрапетян, А. Г. Мурадян

Морфология пыльцы двух редких видов рода
Gladiolus L. (Iridaceae) флоры Армении

(Представлено чл.-кор. НАН РА Ж. А. Варданяном 2/II 2022)

Ключевые слова: *Gladiolus*, *Iridaceae*, морфология пыльцы.

Введение. В первом издании Красной книги Армении [1] приводится 6 видов рода *Gladiolus* L. (*G. atroviolaceus* Boiss., *G. caucasicus* Herb. (= *G. communis* sensu auct. auc., non L.), *G. halophilus* Boiss. et. Heldr. (= *G. szovitsii* Grossh.), *G. italicus* Mill. (= *G. segetum* Ker-Gawl.; = *G. byzantinus* sensu auct. cauc., non Mill.; = *G. tenuiflorus* C. Koch), *G. kotschyanus* Boiss. (= *G. raddeanus* Trautv.) и *G. tenuis* Bieb. (= *G. imbricatus* sensu auct. cauc., non L.)), большинство из которых представлено в категории 3 (сокращающиеся виды), а вид *G. halophilus* – в категории 1 (находящийся под угрозой). Позже во втором издании Красной книги Армении [2] 5 из 6 отмеченных видов даны лишь в Приложении 6 в категории LC (вызывающие наименьшие опасения), а для вида *G. halophilus* Boiss. et. Heldr. указано, что он не произрастает в Армении.

Во второе издание Красной книги Армении [2] из 9 видов рода *Gladiolus* вошли лишь три – *G. dzhavakheticus* Eristavi, *G. hajastanicus* Gabrielian и *G. szovitsii* Grossh. При этом по виду *G. szovitsii* указывается, что в первом издании Красной книги Армении он был приведен под неверным названием *G. halophilus* Boiss. et. Heldr. [1, 2].

Вид *G. szovitsii* Grossh. в Армении представлен двумя подвидами – *G. szovitsii* subsp. *szovitsii* (эндемик Южного Закавказья и сев.-зап. Ирана) и *G. szovitsii* subsp. *pseudopersicus* Ogan. & Gabrielian, произрастающими в Мегри (между Мегри и с. Карчеван, с. Агарак, между сс. Алдара и Апкес, сс. Айгедзор, Шванидзор) на каменистых или песчаных склонах, в полынной полупустыне, в шибляке и дубово-можжевелевом лесу на высоте 400–1100 м над ур. м. [3].

Вид *G. dzhavakheticus* Eristavi – эндемик Закавказья, впервые был

описан М. Эриста́ви из окрестностей озера Табацхури на юге Грузии [4]. Сведения по данному, а также ряду других видов приводятся также в диссертационной работе автора «Кавказские представители рода *Gladiolus* L.» [5]. В Армении *G. dzhavakheticus* встречается в Верхне-Ахурянском (окр. оз. Арпи, зап. отроги Базумского хр., с. Салут), Арагацском (Мец Манташ) и Лорийском (с. Шахназар, Лорийская равнина) флористических районах в среднем и верхнем горных поясах на высоте 1600-2200 м над ур. м., в посадках, задерненных влажных или остепненных лугах [3].

Палинологические данные по вышеуказанным двум видам в литературных источниках нами не обнаружены. Краткие описания морфологии пыльцы рода *Gladiolus*, полученные с помощью светового микроскопа (СМ), даны в десятом томе «Флоры Армении» [3].

В настоящей работе впервые приводятся результаты исследований морфологии пыльцы видов *Gladiolus szovitsii* Grossh. и *G. dzhavakheticus* Eristavi флоры Армении на уровне светового микроскопа (СМ) и сканирующего электронного (СЭМ) микроскопов.

Материал и методика. Материалом для настоящих исследований послужила пыльца, полученная из гербария Института ботаники НАН РА (ЕРЕ).

Для изучения на уровне светового микроскопа (AmScope) пыльцевые зерна были обработаны двумя основными стандартными методами [6, 7]. Пыльца исследовалась при увеличении $\times 200$, $\times 400$ и $\times 1000$, измерения проводились на 10 пыльцевых зернах.

Подробные сведения по параметрам пыльцы для двух исследуемых видов рода *Gladiolus* флоры Армении (на уровне СМ) представлены в табл. 1.

Микрофотографии пыльцы на уровне сканирующего электронного микроскопа (JEOL JSM-7000) были получены в Центре эколого-ноосферных исследований НАН РА методом вакуумного напыления золотом сухих неацетолизированных пыльцевых зерен.

На уровне СЭМ по каждому виду проведен также подсчет числа перфораций и шипиков на 5 мкм^2 поверхности пыльцевого зерна (по 5 исследуемым участкам для каждого из исследуемых образцов).

Используемая морфологическая терминология в основном соответствует терминологии, предложенной Эрдтманом [8], Куприяновой, Алешиной [9], а также Бобровым и др. [10].

Изученные образцы. *G. szovitsii* Grossh.: Азербайджан, Зангеланский р., между сс. Пирчеван и Акера, около 400 м над ур. м. в полынной полупустыне. Leg. А. А. Гроссгейм, М. И. Кирпичников, Л. А. Смольянинова 16.5.1948 (ЕРЕ, 78516); Арм ССР. Мегринский р-н, с. Алдара х с. Апкес, дубово-можжевельное редколесье, сев-вост. глинистый склон. Leg. Г. Оганезова 8.6.1982 (ЕРЕ, 119903); Armenia, Megri reg., near Schvanidzor, dry stony slopes. 600-700 m. alt., Leg. E. Gabrielian 23.5.1998 (ЕРЕ, 147178).

Таблица 1

Некоторые палиноморфологические данные по пыльце видов *Gladiolus szovitsii* Grossh. и *G. dzhavakheticus* Eristavi при различных методах обработки (на уровне СМ)*

Вид	Полярная ось (п. о.), мкм		Большой экваториальный диаметр (б. э. д.), мкм		Малый экваториальный диаметр (м. э. д.), мкм		Толщина экзины, мкм	Номера образцов
	фуксин	ацетолиз	фуксин	ацетолиз	фуксин	ацетолиз		
<i>G. szovitsii</i> (сборы из Армении)	32.9-48.0/44.8	23.9-42.4/31.2	46.5-65.0/58.4	52.5-77.2/58.9	42.2-55.0/46.9	23.07-51.9/34.3	1.4-1.6	ERE, 119903 ERE, 147178
<i>G. szovitsii</i> (сбор из Азербайджана)	17.4-53.4/37.5	23.0-47.0/27.6	49.5-57.3/53.1	51.2-73.1/56.8	23.7-48.6/37.7	28.2-48.4/35.4	1.3-1.9	ERE, 78516
<i>G. dzhavakheticus</i> (сборы из Армении)	34.0-55.3/43.5	27.3-49.8/36.5	43.4-67.6/58.2	50.2-72.7/61.5	2.3-56.4/47.9	33.0-59.6/44.5	1.0-1.3	ERE, 145049 ERE, 145045 ERE, 148570
<i>G. dzhavakheticus</i> (сбор из Грузии)	30.1-43.2/33.0	37.3-58.2/46.8	52.5-63.5/59.4	54.0-67.8/61.9	33.5-47.7/42.4	49.5-61.1/52.3	1.5-1.9	ERE, 78040

***G. dzhavakheticus* Eristavi:** Армения, Степанаванский р., окр. с. Покровка, на задерненном влажном лугу, 1600 м., Leg. E. Gabrielian 20.06.1997 (ERE, 145045); Армения, Калининский р., окр. с. Шахназар, в посадках тополя 1600 м., Leg. E. Gabrielian 21.06.1997 (ERE, 145049); Армения, между Степанаваном и с. Ташир (Калинино), справа от дороги, луг 1400 м н. ур. м. Leg. Э. Габриэлян 21.06.1997 (ERE 148570); Грузия, Богдановский р-н, между с. Богдановка и с. Джиграшени. Каменистый луговой склон невысокой гряды с посадками тополя и сосны, 1800 м. Leg. Н. Цвелев и С. Черепанов 12.07.1960 (ERE 78040).

Результаты и обсуждение

Род *Gladiolus* L.

***G. szovitsii* Grossh.** (табл. 1, фототабл. I). Пыльцевые зерна (п. з.) дистально-1-бороздные, лодочковидные, килеватые, киль обычно округлый или округло-угловатый (фототабл. I, 16); в очертании с экватора п. з. двоя-

* После косой линии в таблицах приведены усредненные данные, полученные при измерении 10 пыльцевых зерен.

ковыпуклые, с полюса – эллиптические; полярная ось (п. о.) 31.2-44.8 мкм, большой экваториальный диаметр (б. э. д.) 58.4-58.9 мкм, малый экваториальный диаметр (м. э. д.) 34.3-46.9. Борозда длинная, достигает концов пыльцевого зерна; характерно наличие бороздного оперкулума, представленного двумя полосками скульптурированной экзины, перемежающимся участками бороздной мембраны (фототабл. I, 4, 7, 11, 16); скульптура мембран борозд нерегулярно бородавчатая (СМ, СЭМ) (фототабл. 4, 5, 7, 10, 11, 16, 17). Экзина тонкая, 1.5 мкм толщины, столбчатый слой четко выражен, столбики тонкие, равномерно расставленные (фототабл. I, 6, 15).

Скульптура общей поверхности п. з. и на бороздных оперкулах мелкогранулярная (СМ); скульптура экзины и бороздных оперкулов перфорированно-шиповатая, шипики конические, с заостренными концами (СЭМ). Количество шипиков на 5 мкм² поверхности пыльцевого зерна 16-34/25, количество перфораций – 24-62/43*.

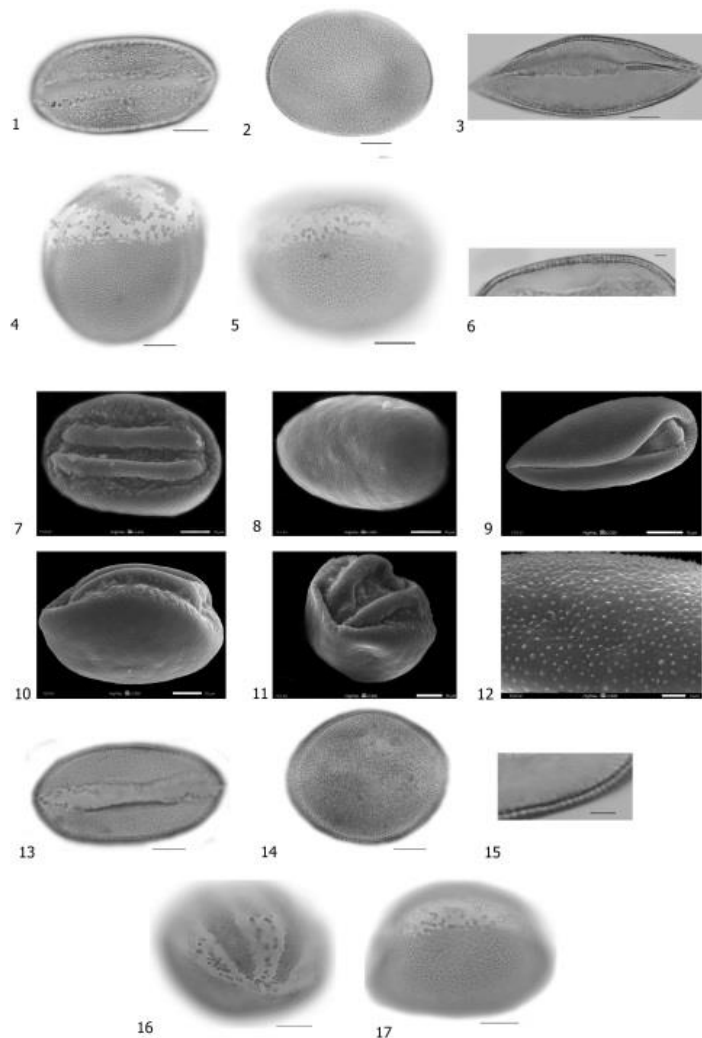
G. dzhavakheticus Eristavi (табл. 1, фототабл. II). Пыльцевые зерна (п. з.) дистально-1-бороздные, лодочковидные, килеватые, киль широкий, округлый (фототабл. II, 4) или округло-угловатый; в очертании с экватора п. з. плоско- или двояковыпуклые, с полюса – эллиптические; полярная ось (п. о.) 36.5-43.5 мкм, большой экваториальный диаметр (б. э. д.) 58.2-61.5 мкм, малый экваториальный диаметр (м. э. д.) 44.5-47.9. Борозда широкая, длинная, достигает концов пыльцевого зерна, с неровными краями; характерно наличие бороздного оперкулума с двумя полосками скульптурированной экзины (фототабл. II, 1, 2, 4, 7, 12); скульптура мембран борозд нерегулярно бородавчатая, бородавки часто расположены небольшими группами (СМ, СЭМ). Экзина тонкая, 1.0-1.3 мкм толщины, столбчатый слой хорошо выражен, столбики тонкие, на концах шаровидно закругленные (фототабл. II, 6, 15).

Скульптура общей поверхности п. з. и на бороздных оперкулах мелкогранулярная (СМ); на уровне СЭМ скульптура экзины, а также поверхности бороздных оперкулов перфорированно-шиповатая, шипики конические, с заостренными концами (СЭМ). Количество шипиков на 5 мкм² поверхности пыльцевого зерна (11)15–22(24)/16, количество перфораций 32-38(47)/36.

Заключение и выводы. Исследования показали, что пыльцевые зерна у обоих изученных видов рода *Gladiolus* L. (*G. szovitsii* и *G. dzhavakheticus*) флоры Армении дистально-1-бороздные, лодочковидные, борозды с наличием 2-полосного оперкулума; скульптура экзины, а также поверхности бороздных оперкулов перфорированно-шиповатая (СЭМ).

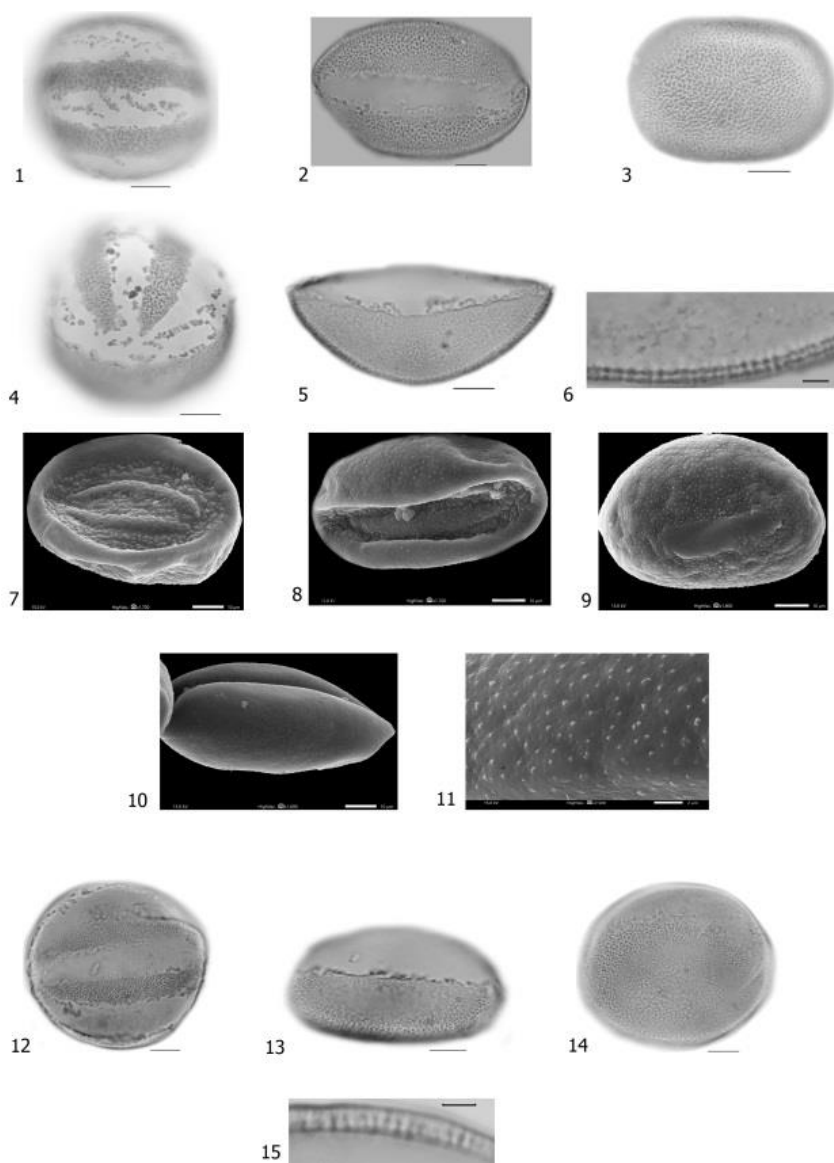
Установлено, что на уровне СМ по морфологическим признакам пыльники указанные виды довольно близки (табл. 1), а на уровне СЭМ

* После косой линии даны усредненные данные по 5 исследуемым участкам поверхности пыльцевого зерна.



Фототаблица I. Пыльцевые зерна вида *Gladiolus szovitsii* Grossh.

1-12– ERE, 147178 (сбор из Армении): 1– дистальный полюс, 2 – проксимальный полюс, 3 – латеральная сторона п. з., 4 – п. з. со стороны малого экваториального диаметра (м. э. д.) (2-полосный бороздный оперкулум), 5 – п. з. со стороны большого экваториального диаметра (б. э. д.), 6 – экзина, столбчатый слой (СМ) (1, 2, 3, 6 – ацетолиз, 4, 5 – фуксин), 7, 9 – дистальный полюс, 8 – проксимальный полюс, 10 – п. з. со стороны большого экваториального диаметра (б. э. д.), 11– п. з. со стороны малого экваториального диаметра (м. э. д.), 12 – скульптура бороздной мембраны (СЭМ); 13-17 – ERE, 78516 (сбор из Азербайджана): 13 – дистальный полюс, 14 – проксимальный полюс, 15 – экзина, столбчатый слой, 16 – п. з. со стороны малого экваториального диаметра (м. э. д.) (2-полосный бороздный оперкулум), 17 – п. з. со стороны большого экваториального диаметра (б. э. д.) (СМ) (масшт. линейка: 1-5, 7-11, 13-14, 16-17 – 10 мкм, 6, 15 – 3 мкм, 12 – 2 мкм).



Фототаблица II. Пыльцевые зерна вида *G. dzhavakheticus* Eristavi

1-11 – сбор из Армении (ERE, 145049): 1-2 – дистальный полюс, борозды с 2-полосным оперкулумом, 3 – проксимальный полюс, 4 – п. з. со стороны малого экваториального диаметра (м. э. д.) (2-полосный бороздный оперкулум), 5 – латеральная сторона п. з, 6 – экзина, столбчатый слой (1, 3, 4 – фуксин, 2, 5, 6 – ацетоллиз) (СМ), 7-8 – дистальный полюс, 9 – проксимальный полюс, 10 – латеральная сторона, 11 – скульптура экзины (СЭМ); 12-15 – сбор из Грузии (ERE, 78040): 12 – дистальный полюс, борозда с 2-полосным оперкулумом, 13 – п. з. со стороны большого экваториального диаметра (б. э. д.), 14 – латеральная сторона п. з., 15 – экзина, столбчатый слой (масшт. линейка: 1-5, 7-10 – 10 мкм, 6 – 3 мкм, 11, 15 – 2 мкм).

основным отличием между ними является количество шипиков и перфораций на единице площади поверхности пыльцевого зерна (соответственно 16-34/25 и 24-62/43 у *G. szovitsii*, (11)15-22(24)/16 и 32-38(47)/36 – у *G. dzhavakheticus*).

На уровне СМ нами был проведен также сравнительно-палиноморфологический анализ пыльцевых зерен, взятых с различных образцов, собранных не только по Армении, но и с территорий двух других стран Закавказья. В частности, по виду *G. szovitsii* проводилось сравнение морфологических признаков пыльцы между образцами, собранными как на территории Армении, так и на территории Азербайджана. Результаты исследований показали, что пыльца образцов из Армении по длине большого экваториального диаметра несколько крупнее чем у образца, собранного из Азербайджана (табл.1; фототабл. I, 1-6 и 13-17 соответственно). По виду *G. dzhavakheticus* проводилось сравнение морфологических признаков пыльцы между образцами, собранными с территорий Армении и Грузии. При этом установлено, что у пыльцевых зерен образца из Грузии толщина экзинового слоя примерно в полтора раза больше такового, чем у образцов из Армении (1.5-1.9/1.7 мкм и 1.0-1.3/1.15 мкм соответственно). Других существенных различий между армянскими и грузинскими сборами не выявлено (табл. 1; фототабл. II, 1-11 и 12-15 соответственно).

Благодарности. Приносим свою благодарность коллективу Центра эколого-ноосферных исследований НАН РА за содействие при проведении исследований на сканирующем электронном микроскопе.

Институт ботаники им. А. Тахтаджяна НАН РА
e-mails: alla.hayrapetyan.63@gmail.com, alla.muradyan.1991@mail.ru

А. М. Айрапетян, А. Г. Мурадян

Морфология пыльцы двух редких видов рода *Gladiolus* L. (Iridaceae) флоры Армении

На уровне светового (СМ) и сканирующего электронного (СЭМ) микроскопов исследована морфология пыльцы двух видов рода *Gladiolus* L. (сем. Iridaceae), включенных в Красную книгу Армении (2010) – *G. szovitsii* Grossh. и *G. dzhavakheticus* Eristavi. Пыльцевые зерна у обоих видов дистально-1-бороздные, борозды оперкулятные. На уровне СМ видимых межвидовых морфологических различий по пыльце не отмечено, в то время как на уровне СЭМ основным отличительным признаком является количество шипов и перфораций на единицу площади поверхности пыльцевого зерна.

Ա. Մ. Հայրապետյան, Ա. Հ. Մուրադյան

Հայաստանի ֆլորայի (Iridaceae) *Gladiolus* L. ցեղի երկու հազվագյուտ տեսակների ծաղկափռչու մորֆոլոգիան

Լուսային (ԼՄ) և սկանավորող էլեկտրոնային (ՄԷՄ) մանրադիտակների օգնությամբ ուսումնասիրվել է Հայաստանի Կարմիր գրքում (2010) ընդգրկված *Gladiolus*

szovitsii Grossh. և *G. dzhavakheticus* Eristavi տեսակների (Iridaceae ընտ.) ծաղկափռու մորֆոլոգիան: Երկու տեսակների ծաղկափռուին դիստալ-1-ակոսավոր է, ակոսը՝ օպերկուլիումի առկայությամբ: Լուսային մանրադիտակի մակարդակով միջտեսակային նկատելի տարբերություն չի նշվում, մինչդեռ սկանավորող էլեկտրոնային մանրադիտակի մակարդակով հիմնական տարբերակիչ հատկանիշը ծաղկափռու մեկ միավոր մակերեսի վրա փշիկների և ծակոտիների քանակն է:

A. M. Hayrapetyan, A. H. Muradyan

Pollen Morphology of Two Rare Species of the genus *Gladiolus* L. (Iridaceae) of the Flora of Armenia

Palynomorphology of two species of the genus *Gladiolus* L. (family Iridaceae), included in the Red Data Book of Armenia (2010), namely *G. szovitsii* Grossh. and *G. dzhavakheticus* Eristavi was studied using the light (LM) and scanning electron (SEM) microscopes. Pollen grains in both species are monosulcate (anasulcate), operculate. No visible interspecies differences were noted at the LM level, while at the SEM level, the main distinguishing feature is the number of spines and perforations per unit area of the pollen grain surface.

Литература

1. Красная книга Армянской ССР. Ереван. Айастан. 1989. 284 с.
2. *Tamanyan K., Fayyush G., Nanagyulyan S. et al.* (ed.). The Red Book of plants of the Republic of Armenia. Yerevan. Zangak. 2010. 598 p.
3. *Габриэлян Э. Ц., Оганесян М. Э.* В кн: *Тахтаджян А. Л.* (ред.). Флора Армении. Т. 10. А. R. G. Gantner Verlag KG Ruggell/Liechtenstein 2001. С. 146-161.
4. *Эристава М. И.* Заметки по систематике и географии растений. Тбилиси. 1977. Вып. 34. С. 34-38.
5. *Эристава М. И.* Кавказские представители рода *Gladiolus* L. Тбилиси. 1978. Автореф. канд. дис. 1978. 25 с.
6. *Аветисян Е. М.* – Бот. журн. 1950. Т. 35. № 4. С. 385-387.
7. *Смольянинова Л. А., Голубкова В.Ф.* – ДАН СССР. 1950. Т. 75 № 1. С. 125-126.
8. *Эрдтман Г.* Морфология пыльцы и систематика растений. М. ИЛ. 1956. 486 с.
9. *Куприянова Л. А., Алешина Л. А.* Палинологическая терминология покрытосеменных растений. Л. Наука. 1967. 84 с.
10. *Бобров А. Е., Куприянова Л. А., М. Б. Литвенцева и др.* Споры папоротникообразных и пыльца голосеменных и однодольных растений флоры европейской части СССР. Л. Наука. 1983. 207 с.

ՏՆՏԵՍԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ

ՀՏԴ 330

DOI: 10.54503/0321-1339-2022.122.1-73

Ակադեմիկոս Յու. Մ. Սուվարյան

ՀՀ զինված ուժերի պետական կառավարման
հիմնախնդիրներ

(Ներկայացված է 7/II 2022)

Բանալի բառեր. անվտանգություն, զինված ուժեր, պաշտպանության նախարարություն, զլխավոր շտաբ, զինված ուժերի մարտունակություն, տնտեսություն, զիտություն:

Ներածություն: Նախքան հետազոտվող թեմայի բովանդակային կարևորությանն անդրադառնալը, ընդգծենք, որ այն հատկապես արդիական է սպասվող սահմանադրական փոփոխությունների համատեքստում:

Երկրի զինված ուժերի առաքելությունը գերազանցապես պետության տարածքային ամբողջականության, սահմանների անձեռնմխելիության ապահովումն է: ՀՀ Սահմանադրության (2015) 14.1 հոդվածում ամրագրված է. «Հայաստանի Հանրապետության զինված ուժերն ապահովում են Հայաստանի Հանրապետության պաշտպանությունը, անվտանգությունը, տարածքային ամբողջականությունը և սահմանների անձեռնմխելիությունը» ([1], էջ 16): Նման բովանդակությամբ ձևակերպումներ հանդիպում են բազմաթիվ այլ պետությունների հիմնական և զինված ուժերի մասին օրենքներում նույնպես: Անշուշտ, զինված ուժերի գործունեության նպատակալացությունը և արդյունավետությունը պայմանավորվում են բազմաթիվ գործոններով, որոնց թվում առանցքային են նրանց կառավարման կառուցակարգը և տեղը պետական կառավարման համակարգում: Չափազանց կարևոր է երկրում իրականացվող տնտեսական, զիտատեխնիկական, կրթական քաղաքականությունը, որը վիթխարի նշանակություն ունի զինված

ուժերի նյութատեխնիկական և կադրային ապահովման գործում: Նրանց մարտունակության մակարդակի բարձրացման համար առանձնահատուկ նշանակություն ունի տնտեսություն–գիտություն կապը:

Ստորև պատմատրամաբանական և համեմատական վերլուծությամբ փորձ է արվել բնութագրելու զինված ուժերի կառավարման սահմանադրական, տնտեսական, գիտակրթական բարեփոխումների գերակայությունները:

2. Զինված ուժերի կառավարումը պատմական Հայաստանում: Հայկական պետականությունը, ինչպես հայտնի է, սկիզբ է առնում Ուրարտուից կամ Վանի թագավորությունից (մ. թ. ա. 9–10-րդ դարեր), որին հաջորդել է Երվանդունիների թագավորությունը (մ. թ. ա. 6–2-րդ դարեր): Զինված ուժերի կառավարման խնդիրը կոլիտարկվի նրանց հաջորդող Մեծ Հայքի, Բագրատունիների հայոց և Կիլիկյան Հայաստանի թագավորությունների օրինակով:

Նշված երեք հայկական պետականությունների ժամանակաշրջանում կարևորագույն դեր էր վերապահված զինված ուժերին: Բանակի առաքելությունը, ինչպես բոլոր պետություններում, երկրի տարածքային ամբողջականության, սահմանների անձեռնմխելիության պաշտպանությունն էր: Մեծ Հայքի թագավորությունում (մ. թ. ա. 189 թ. – մ. թ. 428 թ.), ինչպես վկայում են պատմական աղբյուրները, հատկապես «Զորանամակը», բանակի ընդհանուր թվաքանակը շուրջ 120 հազար էր. բաղկացած էր արքունական ու նախարարական զորագնդերից: Առաջինը, ներառյալ Մաղխազին և Հայր Մարդաբետին ենթարկվող հատուկ զինված զորախմբերը (10+15 հազար մարդ), եղել է 65 հազար, նախարարական զորագնդերի թվաքանակը՝ 84 հազար մարդ ([2], էջ 401): Երկրի ռազմական գործերը վարում էր սպարապետը, իսկ զորքերի գերագույն հրամանատարը թագավորն էր ([2], էջ 398):

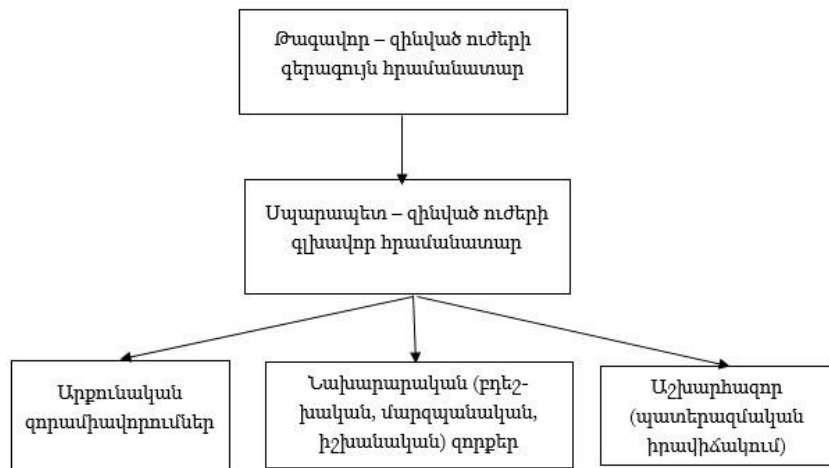
Բագրատունյաց Հայաստանում կամ Բագրատունիների թագավորությունում (885–1045 թթ.) սպարապետը պետության կարևորագույն պաշտոններից մեկն էր: Նա գլխավորում էր արքունական և իշխանական (մարզպետական) զորքերը: Պետության կազմի մեջ մտնող առանձին թագավորությունները նույնպես ունեին իրենց սպարապետները ([3], էջ 66–68): Զորքի ընդհանուր թիվը Գագիկ Ա-ի օրոք հասնում էր 100 հազարի, որից մարզպետական՝ 45 հազար մարդ, մնացածը արքունական զորախմբի մարտիկներն էին ([3], էջ 70):

Կիլիկյան Հայաստանում մեծ իշխանապետության (1080–1198 թթ.) և թագավորության (1198–1375 թթ.) շրջաններում նույնպես բանակը բաղկացած էր արքունական և իշխանական (նախարարական) զորա-

գնդերից: Այստեղ ստեղծվում էին զինված ուժեր նաև եկեղեցու հովանու ներքո, իսկ ծովափնյա սահմանների պաշտպանության համար՝ նավատորմ ([3], էջ 416, 417): Ի դեպ, պատերազմական իրավիճակում կանոնավոր բանակի հետ միասին ճակատամարտերին բոլոր պետականությունների օրոք մասնակցել է նաև գյուղացիներից ու քաղաքաբնակներից կազմված աշխարհագորը:

Մեծ Հայքի և Բագրատունյաց Հայաստանի նման Կիլիկյան Հայաստանում ևս զինված ուժերի գերագույն հրամանատարը թագավորն էր, գլխավոր հրամանատարը՝ գունդստարը (սպարապետը), ([3], էջ 415) :

Այսպիսով, պատմական Հայաստանում զինված ուժերի կառավարման համակարգը կարող է ներկայացվել հետևյալ գծանկարով (տե՛ս գծանկար 1):



Գծանկար 1: Զինված ուժերի կառավարման համակարգը պատմական Հայաստանում:

Հայկական պետականության տարբեր փուլերում ընդհանուր դրական առանձնահատկությունն այն է, որ պահպանվել է զինված ուժերի կազմակերպման գլխավոր սկզբունքը՝ ըստ մակարդակների ուղիղ ենթակայությունը, իսկ պետության մակարդակում՝ թագավոր–սպարապետ–նախարարներ (բղեշխներ, իշխաններ) հրամանատարության անմիջական շղթան թե՛ խաղաղ, թե՛ պատերազմական տարիներին: Բանակը մարտունակ կարող է դառնալ խաղաղ տարիներին, և այդ առումով այն մշտապես պետք է լինի պետության գլխավորի ուշադրության կենտրոնում, իսկ սպարապետը շարունակ պետք է զբաղվի զինված ուժերի կատարելագործման, զինամթերքի արդիականացման չափա-

զանց կարևոր գործով: Այս առումով ուշագրավ է Մովսես Խորենացու գնահատականը՝ տրված բանակի վերազինման՝ Տիգրան Մեծի գործելակերպին, ինչը հաջողություններ էր բերել նրա ղեկավարությամբ գործող հայոց բանակին. «Հետևակ կռվողները ձիավոր դարձան, պարսերով կռվողները՝ հաջող աղեղնավորներ, լախտերով կռվողները զինվեցին սրերով ու տեգավոր նիզակներով, մերկերը (զինվորներ, որոնք զրահներ կամ վահաններ չէին կրում: – *Յու. Մուվարյան*) պատվեցին վահաններով ու երկաթե զգեստներով: Եվ երբ նրանք մի տեղ հավաքվեին, միայն նրանց արտաքին տեսքն ու նրանց պահպանակաների ու զենքերի փայլն ու շողքը բավական էին թշնամիներին հալածելու և վանելու» ([4], էջ 16):

Խիստ էական է նաև բանակի մարտունակության բարձրացման գործում տնտեսության և գիտակրթական համակարգի անընդհատ առաջընթացը, որին դեռ կանդրադառնանք:

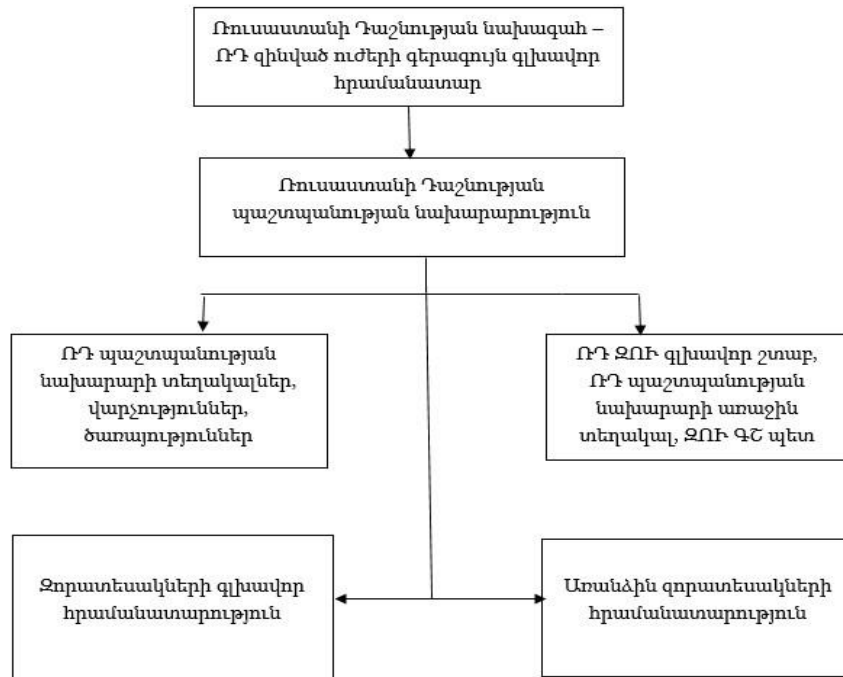
3. Զինված ուժերի կառավարման սահմանադրական կարգը: Զինված ուժերի ամբողջությունը բարդ և խոշոր կառույց է՝ իրեն բնորոշ առանձնահատկություններով և կառավարման որոշակի աստիճանակարգով ու սկզբունքներով: Այս հետազոտության մեջ մեր խնդիրը պետական կառավարման համակարգում բանակի ղեկավարման սահմանադրական կառուցակարգի դիտարկումն է: Զինված ուժերին բնորոշ ենթակայական խիստ աստիճանակարգը և տարբեր մակարդակների հրամանատարների անձնական պատասխանատվության սկզբունքները ցանկալի, նույնիսկ անհրաժեշտ է, որ արտացոլվեն նաև պետության հիմնական օրենքում: Այս պահանջը հստակ իրագործվել է բազմաթիվ երկրների, հատկապես հետխորհրդային, բանակի ավանդույթ ունեցող հիմնական օրենքներում: Օրինակ՝ Ռուսաստանի Դաշնության Սահմանադրության 87-րդ հոդվածն ամրագրում է, որ ՌԴ Նախագահը պետության զինված ուժերի գերագույն գլխավոր հրամանատարն է, որը, ըստ 83-րդ հոդվածի, հաստատում է ՌԴ ռազմական դոկտրինը, նշանակում և ազատում է ՌԴ զինված ուժերի հրամանատարությանը ([5], էջ 22, 23):

ՌԴ-ում, ըստ էության, գործում է զինված ուժերի կառավարման հետևյալ համակարգը (տե՛ս գծանկար 2):

Նմանատիպ համակարգ կիրառվում է նաև Ուկրաինայի և Բելառուսի Հանրապետություններում [7, 8]:

2005 թ. ընդունված ՀՀ Սահմանադրությամբ նկարագրված նմանատիպ համակարգն ամրագրված էր իբրև Հայաստանի Հանրապետության զինված ուժերի կառավարման կառուցակարգ: Հայաստանի Հանրապետության Նախագահը ՀՀ զինված ուժերի գերագույն գլխավոր

հրամանատարն էր, նշանակում էր հրամանատարական կազմը, շնորհում զինվորական կոչումներ (հոդվածներ 55.12, 55.16) ([9], էջ 44-46) :



Գծանկար 2: ՌԴ զինված ուժերի կառավարման համակարգը ([6]):

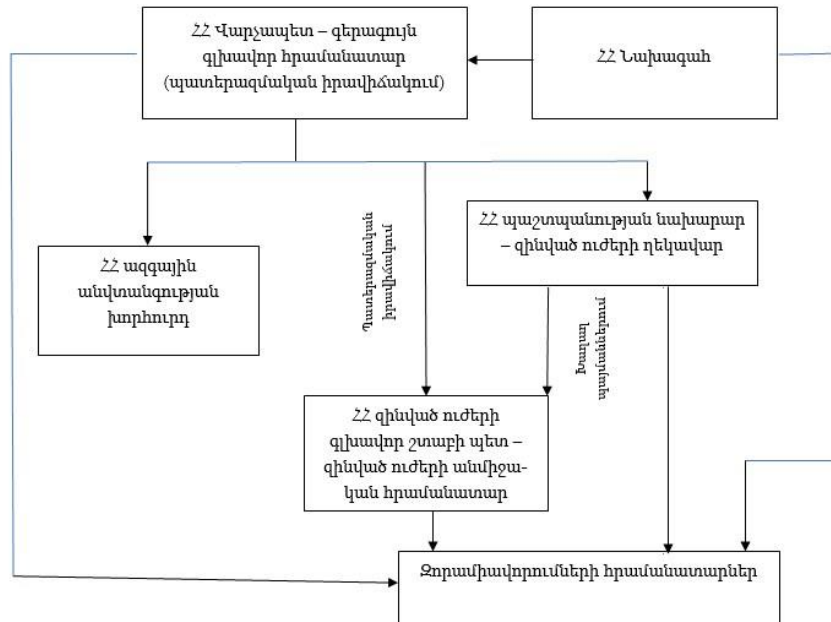
Խորհրդարանական համակարգի արմատավորումից հետո փոխվեցին բանակի կառավարման սկզբունքները: ՀՀ Սահմանադրությամբ (2015 թ.) պաշտպանության ոլորտի քաղաքականության հիմնական ուղղությունները սահմանում է Անվտանգության խորհուրդը (հոդված 155.2): Իսկ զինված ուժերը կառավարության ենթակայության ներքո են (հոդված 155.1): Զինված ուժերի զինվորական ամենաբարձր պաշտոնատար անձը գլխավոր շտաբի պետն է, որը խաղաղ ժամանակ ենթակա է պաշտպանության նախարարին (հոդված 155.3): Պատերազմի ժամանակ զինված ուժերի գերագույն հրամանատարը Վարչապետն է (հոդված 155.4), ([1], էջ 62, 63) :

«Պաշտպանության մասին» ՀՀ օրենքով (հոդված 16.2) զինված ուժերը ղեկավարում է ՀՀ պաշտպանության նախարարը, բայց նույն հոդվածի 3-րդ կետով. «...զինված ուժերի անմիջական հրամանատարը զինված ուժերի գլխավոր շտաբի պետն է»: Այսպիսի ձևակերպումներով հստակ չէ, թե ով է պատասխանատվություն կրում բանակի

մարտունակության վիճակի և մյուս խնդիրների պատշաճ իրագործման համար: Թեև, ըստ հոդված 17-ի, գլխավոր շտաբը Պաշտպանության նախարարության ենթակա մարմին է, սակայն այդ պարագայում գլխավոր շտաբի պետը պետք է գտնվեր նախարարի ենթակայության ներքո, մինչդեռ նույն այդ օրենքով այդպես չէ, և շտաբը գործում է որպես ինքնուրույն կառույց:

Զինված ուժերին առնչվող լիազորություններ ունի նաև ՀՀ Նախագահը: Նա Վարչապետի առաջարկությամբ օրենքով սահմանված դեպքերում և կարգով նշանակում և ազատում է զինված ուժերի և մյուս զորքերի բարձրագույն հրամանատարությանը, շնորհում է բարձրագույն զինվորական կոչումներ (հոդված 133), ([1], էջ 56):

Միաժամանակ ՀՀ Սահմանադրության 152-րդ հոդվածի 3-րդ կետով ամրագրվում է. «Յուրաքանչյուր նախարար ինքնուրույն ղեկավարում է նախարարությանը վերապահված գործունեության ոլորտը» ([1], էջ 62): Սակայն սահմանադրական այդ դրույթը պաշտպանության նախարարի առումով չի կարող գործել, քանի որ զինված ուժերի կառավարման լիազորություններն ապակենտրոնացված են, ինչը հանգեցնում է նաև երկրի պաշտպանության պատասխանատվության սահմանակարգի անորոշության (գծանկար 3):



Գծանկար 3: ՀՀ զինված ուժերի կառավարման համակարգն ըստ գործող սահմանադրության:

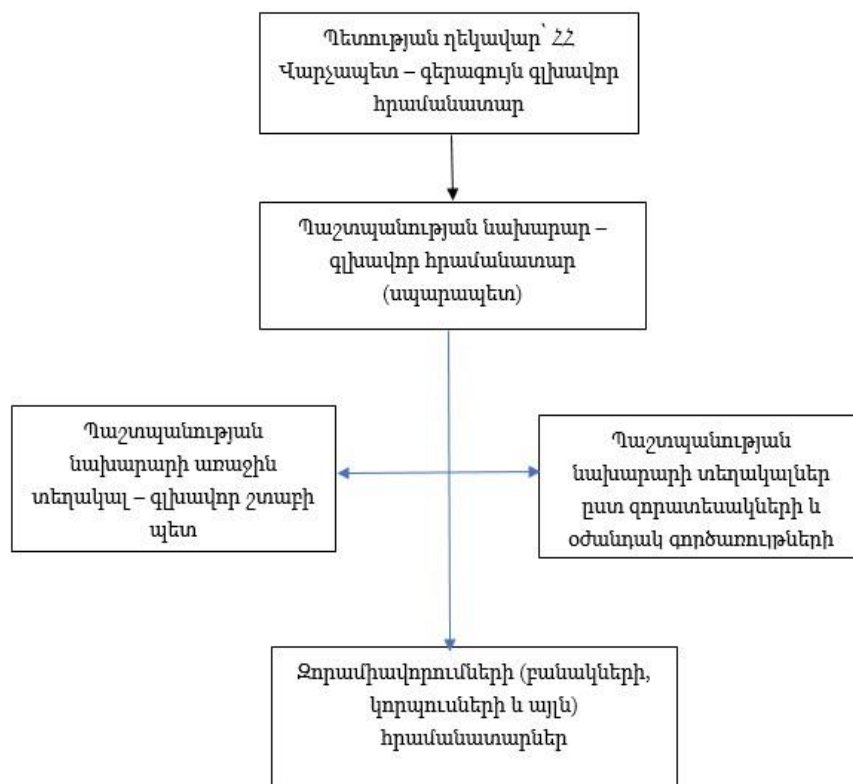
Այդ տեսակետից հակիրճ դիտարկենք բանակի կառավարման համակարգում ՀՀ պաշտպանության գերատեսչության, Անվտանգության խորհրդի և գլխավոր շտաբի որոշ լիազորությունների փոխառնչությունները: Թեև Անվտանգության խորհուրդն իր բնույթով և կազմով խորհրդակցական մարմին է, սակայն «Անվտանգության խորհրդի կազմավորման և գործունեության մասին» ՀՀ օրենքով նրան վերապահված են իրավասություններ ընդունելու որոշումներ պաշտպանության ոլորտի քաղաքականության հիմնական ուղղությունների վերաբերյալ և խորհրդատվական բնույթի որոշումներ իր իրավասության մեջ մտնող այլ հարցերով ([10], հոդվածներ 2.1 և 2.4): Նշված օրենքի այդ դրույթները բխում են ՀՀ Սահմանադրության (2015 թ.) 155.2 հոդվածից, բայց դրանք համահունչ չեն հիմնական օրենքի 14.1 հոդվածի տրամաբանությանը և չեն նպաստում երկրի պաշտպանության համար պատասխանատվության ինստիտուտի հստակեցմանը:

Վերոբերյալ օրենսդրական կարգավորումներով չի ապահովվում գինված ուժերին բնորոշ ըստ աստիճանակարգության հրամանների և պատասխանատվության շղթան. գլխավոր շտաբի պետը բոլոր իրավիճակներում՝ իբրև գործողությունների ռազմավարական և մարտավարական պլանավորման մարմնի պատասխանատու, ինչը հայտնի է դեռևս Ալեքսանդր Մակեդոնացու ժամանակներից, պետք է ենթարկվի պաշտպանության ոլորտի գլխավոր պատասխանատուին՝ նախարարին, վերջինս էլ՝ գերագույն հրամանատարին:

Պաշտպանության գործն սկսվում է խաղաղ ժամանակներից, բանակի մարտունակությունը պետք է ապահովվի այդ ընթացքում, ուստի կառավարման մարմինների, հատկապես գլխավոր, լիազորություններն արդյունավետ չէ տարբերակել ըստ խաղաղ և պատերազմական իրավիճակների: «Պաշտպանության մասին» ՀՀ օրենքում, որն ընդունվել է 2017 թ. նոյեմբերի 15-ին, պարզաբանվում է «պաշտպանություն» եզրույթի իմաստը. «ՀՀ տարածքային ամբողջականությունը, սահմանների անձեռնմխելիությունը և անվտանգությունը, այդ թվում՝ քաղաքացիների պաշտպանվածությունը, ռազմական սպառնալիքներից ապահովելու նպատակով խաղաղ ժամանակ և ռազմական դրության պայմաններում քաղաքական, ռազմական, տնտեսական, տեղեկատվական, սոցիալական, իրավական և այլ բնույթի միջոցների կիրառման ու միջոցառումների իրականացման ընդհանրություն» ([11], հոդված 3.1): ՀՀ պաշտպանության կազմակերպման վերաբերյալ 5-րդ հոդվածում ներառված են 17 միջոցառումներ, որոնք պետք է իրագործվեն խաղաղ ժամանակներում: Դրանց թվում են ռազմական սպառնալիքի կանխատեսումը, գնահատումը, կանխարգելման միջոցառումների պլանավորումը, բարձր մարտունակություն և պատրաստվա-

ծություն ունեցող զինված ուժերի, մյուս զորքերի, ռազմաարդյունաբերական համալիրի զարգացումը, ռազմական գործի, ռազմական գիտության և ուսուցման կազմակերպումը, անհրաժեշտ քանակությամբ զենքի ու ռազմամթերքի, ռազմական տեխնիկայի, պարենի և այլ նյութական պաշարների կուտակումը ([11], հոդված 5):

Ընդհանրացնելով վերևում շարադրվածը՝ նշենք, որ նպատակահարմար է վերանայել կամ բարեփոխել երկրի պաշտպանության կառավարման վերաբերյալ օրենսդրական բազան և գործադրել զինված ուժերի ղեկավարման հետևյալ համակարգը (գծանկար 4):



Գծանկար 4: ՀՀ զինված ուժերի կառավարման համակարգը (բարձրագույն մակարդակ):

4. Զինված ուժերը, տնտեսությունը, կրթությունը և գիտությունը: Իրենց զլխավոր առաքելությունն իրագործելու համար զինված ուժերը յուրաքանչյուր երկրում վիթխարի կառույց են և արտադրանքի, տեխնոլոգիաների, գիտական գաղափարների, որակավորված կադրերի խոշոր սպառող: Սակայն բանակը սովորական սպառող չէ, այլ այն-

պիսի կառույց է, որը պայմանավորում է պետության անվտանգությունը, ուստի նա թելադրող կամ պատվիրատու սպառող է, որի պահանջած արտադրանքը, կադրերը, տեխնոլոգիական լուծումները պետության համար ունեն բախտորոշ նշանակություն:

Ավելին, 21-րդ դարում բանակի մարտունակությունն զգալիորեն կախված է երկրի տնտեսության, կրթության, գիտության զարգացման աստիճանից և դրանց նվաճումների կիրառման հնարավորություններից:

Միաժամանակ ակնհայտ է, որ իբրև պահանջարկ ստեղծող՝ բանակը նաև խթանում է առաջարկը, աշխատատեղերի առաջացումը: Սակայն զինված ուժերի մարտունակության առումով չափազանց կարևորվում են թողարկվող արտադրանքի որակը, կիրառվող տեխնոլոգիայի արդիականությունը, կրթության ու գիտության միջազգային մրցունակության մակարդակը և նպատակասլացությունը: Այս առումով չափազանց կարևորվում է երկրում իրագործվող նպատակային տնտեսական և գիտակրթական քաղաքականությունը: Սա նաև այն պատճառներից մեկն է, որ անհրաժեշտ է դարձնում պետության ղեկավարի գերագույն գլխավոր հրամանատար լինելը նաև խաղաղ պայմաններում, երբ տնտեսական, հատկապես գիտատեխնիկական, նպատակասլաց զարգացմամբ կարող է ապահովվել զինված ուժերի բարձր մարտունակությունը: Այս գործում կարևորվում է նաև պաշտպանության նախարար-գլխավոր շտաբի պետ երկյակի ամենօրյա զուգակցված հոգսը՝ ըստ անհրաժեշտության պատվիրելու տնտեսությանը՝ ռազմաարդյունաբերական համալիրին, գիտությանը և կրթական հաստատություններին այն ամենը, ինչն անհրաժեշտ է զինված ուժերի կարողությունների աճին: Աշխարհաքաղաքական և մեր տարածաշրջանի ահագնացող մարտահրավերների պայմաններում բանակի մարտունակության բարձրացման գերխնդիրը համագործակցություն է հայ ժողովրդի վաղնջական հողատարածքներում հայոց պետականության պահպանությանը և զարգացմանը:

Տնտեսական իրական քաղաքականության արդյունքներն ընդհանրացված արտացոլվում են երկրի համախառն ներքին արդյունքի և արտահանման կառուցվածքում, որն արտահայտում է թողարկված արտադրանքի տեսականին, դրա տեխնոլոգիական մակարդակը և մրցունակությունը:

Ցավոք, ՀՀ-ում համախառն ներքին արդյունքի ճյուղային կառուցվածքը, որը, ի թիվս վերը նշվածի, նաև բովանդակում է իրական տնտեսության և ծառայությունների ոլորտի զարգացման ուղղությունները և հիմնական արդյունքները, ինչպես նաև արտահանման կառուցվածքը նպաստավոր չեն բանակի խնդիրների լուծման առումով:

Մասնավորապես ՀՀ ազգային վիճակագրական ծառայության տեղեկություններով 2017-2018 թվականներին* ՀՆԱ-ի կառուցվածքում տիրապետող է այն ոչ դրական միտումը, ըստ որի՝ հարաբերաբար ավելի արագ են աճում ոչ թե իրական տնտեսության ու գիտատար արտադրանք թողարկող ճյուղերը, այլ առևտրի, կացության և հանրային սննդի, զվարճությունների ոլորտները: ՀՆԱ-ում մշակող արդյունաբերության տեսակարար կշիռը 11 % է, գյուղատնտեսությանը՝ 14-15%, ծառայություններինը՝ ավելի քան 25%: Արդյունաբերության ճյուղային կառուցվածքում հանքագործական և բաց հանքերի շահագործման ոլորտի բաժինը 15,5% է, մշակող արդյունաբերությանը՝ 69,8%, որում սննդի արտադրության տեսակարար կշիռը գերակշռող է՝ 63,3%, իսկ թեթև արդյունաբերությանը՝ 4,6%, մեքենաշինական արտադրանքինը՝ 2,3%, քիմիական և դեղագործական արտադրությունների բաժինը՝ 1,9%: Ուստի զուտ գիտատար արտադրանքի տեսակարար կշիռը մտահոգիչ ցածր է՝ 4,2%:

ՀՆԱ-ի նման կառուցվածքը հանգեցրել է նաև աշխատատեղերի, այն է՝ կադրային ներուժի նմանօրինակ կազմի, իսկ վերջինիս արձագանքով ձևախախտվել է կրթության բոլոր մակարդակներում (բակալավրիատ, մագիստրատուրա, ասպիրանտուրա կամ դոկտորանտուրա) կադրերի պատրաստման կառուցվածքը: Հանրապետության բարձրագույն կրթության համակարգի շրջանավարտների ընդհանուր թվում հոմանիտար մասնագիտություններով կրթություն ստացածների տեսակարար կշիռը 2017-2018 թթ. հասել է ավելի քան 64%-ի: Վիճակը միխիթարական չէ գիտական աստիճանաշնորհման բնագավառում: Գիտական աստիճան հայցողների, ասպիրանտուրայում սովորողների ընդհանուր թվում գերակշռում են իրավաբանական, տնտեսագիտական և մյուս հոմանիտար մասնագիտությունները, փոքրաթիվ են ֆիզիկամաթեմատիկական, քիմիական, կենսաբանական՝ տեխնոլոգիական փոփոխությունների ներուժ ապահովող մասնագիտություններով գիտական աստիճանի ձգտողները: Ակնհայտ է, որ ռազմավարական առումով տնտեսության և կրթության նման ձևախախտված կառուցվածքը նպաստավոր չէ աշխարհում ընթացող տեխնոլոգիական հեղափոխության ներկա փուլում մեր երկրի դիրքի, տնտեսության առաջատար ճյուղերի զարգացման ապահովման և, անշուշտ, զինված ուժերի մարտունակության բարձրացման առումով:

Գիտատեխնիկական քաղաքականությունը վիթխարի նշանակություն ունի տնտեսության նորամուծական զարգացման և, որ հատ-

* 2019-2021 թթ. ցուցանիշները չեն դիտարկվում համավարակի (COVID- 19) և արցախյան 3-րդ պատերազմի բացասական ազդեցությունների պատճառով:

կապես կարևոր է, երկրում անվտանգային միջավայրի ստեղծման համար: Գիտության զարգացումը, մասնավորապես հիմնարար ուղղություններով, ընթանում է ներհատուկ օրինաչափություններով, սակայն առանց ֆինանսական, տնտեսական և խթանիչ նախադրյալների այն կարող է դանդաղել, ու գիտատեխնիկական առաջընթացը չի կարող կատարել իր առաքելությունը՝ երկրի տեխնոլոգիական վերելքի և նորաստեղծական զարգացման ապահովումը: Ահա թե ինչու անհրաժեշտ է գիտական ներուժի պահպանման՝ երկար ժամանակ շարունակվող քաղաքականությունից անցնել ակտիվ գործողությունների՝ գիտական կազմակերպությունների տեխնոլոգիական վերելքին առնչվող հատվածի հետազոտությունները կազմակերպել պատվերային սկզբունքով՝ նպատակ ունենալով ռազմաարդյունաբերական ուղղությունների զարգացման գիտական ապահովումը: Ի դեպ, սկսած դեռևս Անգլիայում 18-րդ դարում տեղի ունեցած արդյունաբերական հեղափոխության ժամանակներից, գիտության զարգացման պատահական-հավանական սկզբունքը համալրվել է դրա կազմակերպման նպատակային-ծրագրային կառուցակարգերով, որոնք առավել ընդլայնվել են 20-րդ դարի երկրորդ կեսին և 21-րդ դարում: Ուստի մեր խնդիրը ժամանակին համընթաց քայլելն է: Այդպիսով կակտիվանա տնտեսություն-գիտություն կապը, որը վերջին տարիներին շատ թույլ է: ՀՀ ՀՆԱ շարժընթացի վրա գիտակրթական համակարգի ազդեցության կորելյացիայի գործակիցը տատանվում է 0.2-0.3-ի միջակայքում ([12], թ. 3), մինչդեռ գիտատեխնիկական առաջադիմությունը պետք է ապահովի տնտեսական որակական աճի ավելի քան երկու երրորդը: Նման վիճակը բացատրվում է գիտահետազոտական աշխատանքները նորամուծական զարգացմանը նպատակաուղղված չլինելու, գիտության կիրառական նվաճումների առևտրայնացման կայուն համակարգ չգործելու, ինչպես նաև տնտեսական վարվող քաղաքականության արդյունքում տնտեսության վերը նշված կառուցվածքի՝ գիտության համար աննպաստ փոփոխությունների պատճառներով: Եթե ՀՆԱ-ի կառուցվածքում գերակշռում են ծառայությունների ոլորտի և սննդի արդյունաբերության ճյուղերը, որոնք հարաբերաբար պակաս գիտատար են, ապա գիտական հետազոտությունների արդյունքները և տնտեսության ծավալման ընթացքը միմյանց քիչ են առնչվում, գիտական արտադրանքի նկատմամբ պահանջարկը նվազում է, մինչդեռ հակառակ պարագայում հետազոտական աշխատանքը կարող է խթանվել դրա նկատմամբ առաջարկի աճի շնորհիվ: Տնտեսություն – գիտություն առնչությունների ակտիվացումը կնպաստի ժամանակակից և հեռանկարային տեխնոլոգիական ուղղությունների զարգացմանը, որոնք հնարավորություն կընձեռեն քաղաքացիական նախա-

նշանակման միջազգային շուկայում մրցունակ արտադրանքի հետ մեկտեղ թողարկելու նաև անվտանգային նշանակության, զինված ուժերի մարտունակության բարձրացմանը նպաստող ապրանքատեսակներ*։ Իսկ գիտական կազմակերպությունների գործունեության գլխավոր գնահատականը օբյեկտիվ անհրաժեշտությամբ հարկ է, որ լինի երկրի տնտեսության, մշակույթի զարգացման և անվտանգության ապահովման կարևորագույն ոլորտներում ներդրած ավանդը։ Այս դրույթի հիմնավորումը նաև այն է, որ ի սկզբանե գիտությունը զարգացել է ոչ միայն իր ամբողջականության ապահովման, բնության և հասարակության զարգացման օրինաչափությունները բացահայտելու, այլև առաջին հերթին հանրությանն օգտակար լինելու համար։

ՀՀ ԳԱԱ Նախագահություն

Ակադեմիկոս Յու. Մ. Մուվարյան

ՀՀ զինված ուժերի պետական կառավարման հիմնախնդիրներ

Պատմական Հայաստանում պահպանվել է զինված ուժերի կազմակերպման գլխավոր սկզբունքը՝ ըստ մակարդակների ուղիղ ենթակայությունը, իսկ պետական մակարդակում՝ թագավոր-սպարապետ-նախարարներ (բղէշխներ, իշխաններ) հրամանների անմիջական շղթան թե՛ խաղաղ տարիներին, թե՛ պատերազմական ժամանակաշրջանում։ 2015 թ. ընդունված ՀՀ Սահմանադրությամբ և 2017 թ. կիրառվող «Պաշտպանության մասին» ՀՀ օրենքով նախատեսվող կարգավորումներով զինված ուժերի կառավարման լիազորություններն ապակենտրոնացված են, ինչը հանգեցնում է երկրի պաշտպանության պատասխանատվության ինստիտուտի անորոշության, անվտանգության խնդիրների խաղաղ և պատերազմական իրավիճակների միջև անհարկի տարանջատման։ Ըստ այդմ առաջարկվում է զինված ուժերի կառավարման սահմանադրական բարեփոխման տարբերակ, որն ապահովում է բարձրագույն մակարդակով պետության ղեկավար (ՀՀ վարչապետ) – պաշտպանության նախարար-գործադիրների հրամանատարներ ուղղակի ենթակայության և պատասխանատվության շղթան։ Կարևորվում է այնպիսի տնտեսական, գիտատեխնիկական և կրթական քաղաքականության նշանակությունը, որը միտված է տնտեսության նորամուծական և տեխնոլոգիական զարգացմանը, վերջինիս և գիտության միջև կապերի սերտացմանը, քաղաքացիական նշանակության միջազգային շուկայում

* Տնտեսության և գիտատեխնիկական քաղաքականության ծրագրված կապերի շնորհիվ 20-րդ դարի 50-80-ական թվականներին հզոր վերելք ապրեցին Հայաստանի գիտությունը, էլեկտրատեխնիկական, գործիքաշինական, հաստոցաշինական, քիմիական արտադրությունները, էականորեն աճեց բարձր որակավորման ճարտարագետների, ֆիզիկոսների, քիմիկոսների և ճշգրիտ գիտությունների այլ մասնագետների պահանջը։ Իսկ հանրապետության արդյունաբերության արտադրանքի ծավալում մեքենաշինության տեսակարար կշիռը 1985 թ. կազմել էր 30,3, քիմիական արդյունաբերությանը՝ 6,5, թեթև և սննդի արդյունաբերությանը, համապատասխանաբար՝ 24,4 և 17,8% ([13], էջ 105-109), այսինքն՝ զուտ գիտատար արտադրանքի բաժինն ընդհանուր ծավալում էական էր (36,8%)։

մրցունակ արտադրանքի հետ մեկտեղ անվտանգային նշանակության, զինված ուժերի մարտունակության բարձրացմանը նպաստող ապրանքատեսակների արտադրությանը:

Академик Ю. М. Суварян

Проблемы государственного управления вооруженными силами РА

Главным принципом организации вооруженных сил в исторической Армении как в мирное, так и военное время были прямая подчиненность по уровням, а в масштабе государства – непосредственная цепочка передачи команд: царь – спарпет (главнокомандующий) – нахарары (бдешхи, князья). По Конституции РА 2015 г. и принятому в 2017 г. Закону РА «Об обороне» предусмотрено правовое регулирование, согласно которому полномочия по управлению ВС децентрализованы, что приводит к неопределенности института ответственности за оборону страны, к неоправданной дистанцированности задач безопасности в мирное и военное время. В связи с этим предлагается вариант конституционного реформирования системы управления ВС РА, при котором обеспечивается цепочка прямого подчинения: руководитель государства высшего уровня (премьер-министр РА) – министр обороны – командиры соединений. Подчеркивается важная роль такой политики в сферах экономики, науки и техники и образования, которая была бы нацелена на инновационное и технологическое развитие хозяйства, упрочение его связи с наукой, обеспечение наряду с производством конкурентоспособной на международном рынке продукции гражданского назначения также производства продукции безопасностного назначения, необходимой для повышения боеспособности и боевого потенциала ВС.

Academician Yu. M. Suvaryan

Basic Issues of State Management of RA Military Forces

In historical Armenia, the main principle of the organization of the Armed Forces has been preserved: direct subordination by levels, and on the state scale – a direct chain of command transmission «King – Sparapet (Commander-in-Chief) – Nakharars (Bdeshkhs (Viceroys), Ishkhans (princes))» both in peacetime and wartime. According to the RA Constitution of 2015 and the RA Law «On Defense» adopted in 2017, legal regulation is provided for, according to which the authorities to control the Armed Forces are decentralized, which leads to the uncertainty of the institution of responsibility for the country's defense, to unjustified distancing from security concerns in peacetime and wartime. In these terms, an option for the constitutional reforms of the RA Armed Forces' control system is proposed, in which a chain of direct subordination «head of state at the highest level (the RA Prime Minister) – Minister of Defense – Commanders of formations» is ensured. The article highlights the key role of such policy in the spheres of economy, science and technology, as well as education, which would be targeted at the innovative and technological development of the economy, strengthening its ties with the science, and ensuring the production of security goods necessary to raise the combat effectiveness and combat potential of the Armed Forces along with the production of the civilian goods competitive on the international market.

Գրականություն

1. Հայաստանի Հանրապետության Սահմանադրություն (փոփոխություններով), Ե., Պաշտոնական տեղեկագիր, 2019, 96 էջ:
2. «Հայոց պատմություն», հ. 2, գիրք 1 (IV դարի սկիզբ – IX դարի կես), Ե., «Զանգակ», 2018, 704 էջ:
3. «Հայոց պատմություն», հ. 2, գիրք 2 (IX դարի կես -XVII դարի առաջին կես), Ե., «Զանգակ», 2014, 800 էջ:
4. *Մովսես Խորենացի*, «Հայոց պատմություն», Ե., «Հայաստան», 1990, 320 էջ:
5. Конституция Российской Федерации, М., изд.-во ОМЕГА -Л, 2006, 40 ст.
6. Мин. обороны <https://structure.mil.ru/structure/structuremorf.htm>
7. Закон Республики Беларусь о Вооруженных Силах Республики Беларусь, <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=V19201904>.
8. Закон Украины о Вооруженных Силах Украины (с дополнениями), https://kodeksy.com.ua/ka/o_voorozhennyh_silah_ukrainy.htm.
9. Հայաստանի Հանրապետության Սահմանադրություն (փոփոխություններով), Ե., Պաշտոնական տեղեկագիր, 2005, 94 էջ:
10. Հայաստանի Հանրապետության օրենքը «Անվտանգության խորհրդի կազմավորման և գործունեության մասին»:
11. Հայաստանի Հանրապետության օրենքը պաշտպանության մասին, <http://www.irtek.am/views/act.aspx?aid=150214>:
12. *Մովսիսյան Յու. Մ., Մարգարյան Վ. Մ.*, ՀՀ համախառն ներքին արդյունքի ծավալի և աճի տեմպի վրա զինության և կրթության ազդեցության գնահատումը, «Լրաբեր հասարակական գիտությունների», Ե., 2015, թ. 3:
13. *Суварян Ю. М.* Управление ростом производительности труда в промышленности. Е., Айастан, 1987, 228 с.

ՊԱՏՄՈՒԹՅՈՒՆ

ՀՏԴ 914 + 23/28 + 551

DOI: 10.54503/0321-1339-2022.122.1-87

Ա. Ս. Սահակյան

Երկրաշարժի ընկալումը միջնադարյան Հայաստանում*

(Ներկայացված է ՀՀ ԳԱԱ թղթ. անդամ Լ. Ն. Աբրահամյանի կողմից 25/II 2022)

Բանալի բառեր. *երկրաշարժ, Աստված, եկեղեցի, միջնադար, նշան, մեղք, պատիժ, նախազգուշացում:*

Ի՞նչ բան էր երկրաշարժը միջնադարյան մեր նախնիների ընկալմամբ, ինչպե՞ս էին նրանք հաղթահարում այդ բնական աղետը, արդյոք հին ու նոր երկրաշարժերն իրենց նմանությամբ օգնո՞ւմ են մեզ ավելի խոր զգալու մեր և մեր նախնիների պատմության միասնականությունը, նրանց և մեր միջով անցնող մեր պատմական ճակատագրի գիծը:

Միջնադարյան մեր նախնիները իբրև դառը և նեղ ժամանակների արտահայտություններ՝ կողք կողքի էին դնում թե՛ բնական և թե՛ հասարակական աղետները, որոնց ոչ լրիվ ցանկի մասին գաղափար է տալիս XVII դ. գրիչ Սարգիս Խիզանցու օրինակած ձեռագրի (Մաշտոց) հիշատակարանը.

«Ի յայսմ ամի (այսինքն՝ 1626 թ.) գրեցաւ սուրբ գիրքս ի դառն եւ ի չար ժամանակիս, զի յամէն դիմաց դառնութիւն եւ վիշտն պատեր է Հայոց տառապեալ ազգիս, սով, սուր, գերութիւն, մահտաքաժամ, շարժ եւ տապալումն, ժանկ, մարախ, թրթուր, ջորեակ, դալուկ, հեղեղ անթիւ եւ անհաշիւ, որ ոչ կարեմ ընդ գրով արկանել» ([1], էջ 234):

Նման վկայություններն այնքան շատ են միջնադարյան ձեռագրերում, որ երբեմն զարմանում ես, թե ինչպես են տարել ու հաղթահարել այս ամենը: Ժողովրդի կենսունակությունը, իհարկե, անսահման է, և նրա ֆիզիկական գոյատևումը դրա արդյունքն է, բայց ահա ինչպես է

* Կարդացվել է իբրև զեկուցում ԳԱԱ-ի՝ 1988 թ. երկրաշարժի հնգամյակին նվիրված գիտաժողովում:

դիմացել հոգեպես, ինչպես է մարդը կարողացել այսքան մահերի ու կորուստների մեջ պահել հոգեկան հավասարակշռությունը:

Բանն այն է, որ մարդկանց բազմաքանակ գոհերը ի վերջո հանգում են ամեն մի առանձին անհատի մահվան, ծեր թե մանուկ, միևնույնն է, ընդհատվել է մի հարազատ շունչ, հեռացել է մի հուր հոգի: Եվ ահա, ի տարբերություն մահվան ժամանակակից ընկալման, միջնադարում մահը դեռ լրիվ կորուստ չէր, որովհետև դրանով դեռևս վրա չէր հասնում կործանումը, պարզապես հոգին լքում էր իր մարմինը և հարատևում մինչև աշխարհի վերջը՝ Ահեղ դատաստան, Կատարած: Իսկ ապրողները հիշատակի խնկարկումով, աղոթքներով ու ողորմիներով թողություն էին խնդրում այդ հոգու փրկության համար՝ հուսալով, որ իրենց բարեխոսությունը կհասնի երկինք՝ Բարձրյալին: Սա՝ մեկ: Երկրորդ. միջնադարում ամեն մի բնական աղետ, որ իրարանցում և հասարակական կենսակարգի խախտում է բերում, նախօրոք «ծրագրված», «կանխատեսելի» լինելով, ուներ իր տեղը համայնքի մշակութային կյանքի համակարգում, կուլտուրայի (լայն առումով) այն միկրոկոսմոսում (փոքրաշխարհ), առանց որի անհնար է համակեցությունը: Այլ կերպ ասած, տվյալ աղետը որքան էլ «բնական» ու վերմարդկային իրողություն լինի, միևնույնն է, այն մշակութայնացվում է և դառնում բացատրելի մարդկային կյանքի համակարգում: Այժմ տեսնենք դրա դրսևորումը երկրաշարժի օրինակով:

Շարժի մասին վկայող բնագրերում ակնհայտորեն երևում են «երկրաշարժի» մշակութայնացման հետևյալ միջոցները՝ փրկչական աշխատանքներ, թաղում և ողբ, պատճառի բացահայտում, նշանի բացահայտում, փառատրություն, վերակառուցում «առավել պայծառագույն»: Սրանք այն լծակներն են, որոնց օգնությամբ հասարակական կյանքում վրա հասած քաոսը աստիճանաբար վերակազմակերպվում և վերադառնում է նախկին կանոնավոր տիեզերաշենքին:

Երբեմն կարող է թվալ, թե քաոսի իշխանությունն անդիմադրելի կարող է լինել, եթե շարժը ընդգրկի երկրի կենտրոնը, ասենք որևէ քաղաք, այդ քաղաքի կենտրոնը՝ ասենք որևէ սրբավայր՝ եկեղեցին, այն էլ այնպիսի մի սահմանային ժամանակում, երբ ժողովուրդը տոնում է Զատիկ կամ Նոր տարի: Բայց դա հատուկ չէ միջնադարյան հասարակությանը, ինչպես երևում է մի շարք օրինակներից: Դեռ ավելին, Զատիկի օրվա շարժը կարող է ընկալվել իբրև Հարության գիշերվա կրկնություն, երբ երկիրը պատռվում է, Քրիստոսի գերեզմանի պահապանները խռովվում են, և նա հառնում է, ինչպես բացատրում է 5-րդ դարի հայ վարդապետը ([2], էջ 483):

1457 թ. գրիչ Սահակ Աղբակեցին իր օրինակած Հայսմավուրքի հիշատակարանում գրում է, թե վերջին մի քանի տարիներին ինչ չարիք-

ներ եկան Վասպուրական աշխարհին (հարկահանություն, մորեխ, մահտարածամ), որոնք ավարտվեցին ուժգին երկրաշարժով.

«... Եւ դարձեալ երկու ամաւ մինչ ի յայս ամս, որ եմք ի մէջ, նոր, կրկին աստուածասաստ բարկութիւն սփռեցաւ յաշխարհս Հայոց, վասն անթուելի մեղաց իմոց, մանաւանդ Վանայ քաղաքին, գեղարեւիքն եւ յՈստանայ մինչ ի Խաւշաբ, զի ի յԱւագ մեծի ուրբաթի զիշեր, լոյսն ի շաբաթ, որ էր Զատիկ, Աստուած բարկացաւ եւ շարժեց զերկիր ի բազում տեղիս, եւ այն, որ ի Վան եւ յՈստան շարժեաց: Մարդոք չէր տեսեալ եւ ոչ ի պատմութեանց լուեալ, զի ո՛չ վանք մնաց, ո՛չ քաղաք, ո՛չ գեղ եւ ո՛չ շինութիւն, զի Խ. (40) եկեղեցի Վանայ բոլոր մինչ ի Հայկաձոր ի հիմանց բլան այն հրաշի աւրն եւ սուգ ածին քրիստոնէից եւ զաւերումն տանց եւ բարձրաշէն ապարանից. եւ զմնացեալ մարդ, կին եւ տղայ եւ անասուն, որ ի տան, հողի տակն մնացին, չկարողացաք իմանալ եւ ի զիր արկանել, զի անթիւ էր, բայց նորա միայն է զիտելի, որ արար զնա վասն մեղաց մերոց... Փառք Աստուծոյ Ռ. (1000) բերան»:

Այսպիսով, երկրաշարժը տնօրինում է Աստված, որին բարկացրել է մարդկային մեղքը, և գրիչը իրեն և յուրայիններին համարում է մեղավոր: Շատ հետաքրքիր է այդ պահը, երբ ինքն իրեն համարում է համընդհանուր աղետի պատճառ իր իսկ ընդօրինակած ձեռագիր Մաշտոցում. «... Հայոց նոր տոմարիս :ՅԽԲ (342+551=893) կատարեցի զնուաստ գրկունս զայս, յորում ամի կործանեցաւ Դուին քաղաք ի շարժմանէ եւ բազումք մեռան եւ եկեղեցիք տապալեցան: Այս իր գործեցաւ վասն ծովացեալ մեղաց իմոց» ([3], էջ 42, 43):

Դա իսկական բարոյականության բարձրակետն է, որին հասել է շարքային գրիչը՝ մի տեսակ հակադրվելով միջնադարի այն բարձր, մտավորական ճգնաժամներին, ովքեր իրենց վրա էին վերցնում բոլորի մեղքերը՝ կամավոր ներկայանալով իբրև զոհահերոս: Բայց աշխարհի, մարդկանց փրկությունը ոչ թե սեփականի հետ նաև բոլորի մեղքերը հանձն առնելը է, այլ քեզ, սեփական անձը բոլորի դժբախտությունների, աղետյալ վիճակի պատճառ համարելը: Ըստ գաղափարի, եթե II զիտակցումը տիրապետող դառնա, ապա մարդը կընկնի իրոք մաքրագործման ուղին և մեկընդմիջտ կմոռանա իր կործանարար բարքերը: Փաստորեն շարժը փրկվածների համար կործանումից խուսափելու միջոց է:

Բայց ինչո՞ւ բոլորը, որոնք ներքաշված էին անվայել բարքերի մեջ, հավասարապես պատժվելով, չեն կործանվում: Որովհետև, միջնադարյան ընկալման համաձայն, երկրաշարժը ոչ թե բոլորին կործանելու, այլ նրանց ահազդու նշան տալու միջոց է, որ զգուշանան, վերափոխվեն ու մաքրագործվեն: Երկրաշարժն իբրև հրաշալի նշան է

ակնարկվում բերված բնագրում (հրաշի արն), բայց բերենք ավելի տեսանելի օրինակ. XV դ. Միսկին երեց Անուշպակցին իր. «Ողբ մայրաքաղաքին Եզրնկու, որ շարժ եղաւ եւ կործանեցաւ» չափածո գրվածքում, նկարագրելով 1482 թ. Երզնկայի երկրաշարժը, գրում է.

*Յինն հարիւր Հայոց թըվական,
Երեսուն եւ մեկ թիւն ի լըման (931+551=1482)
Ջարմանալի բան մի եղաւ
Մայրաքաղաքն ի յԵզրնկան...
Բոլոր քաղաքն աւերեցաւ,
Ի յանդընդոց երկիր շարժաւ,
Երկու տարպայ հինգ հազարան
Ներքեւ հողոյն զընտանեցաւ:
Մըսկին երեց Անուշպակցի
Մեղօք ի լի եւ անարաժան,
Արդ հերիք է զինչ գործեցիր,
Դարձից եւ լեր դու փօշիման:
Ես աղաչեմ զքեզ միաբան,
Որ չը կտրէք զՏէր մեղան,
Մեղքն քակեց ըզգԵզրնկան,
Այս աշխարհիս է մեծ նըշան ([4], էջ 21):*

Բերված օրինակից հասկանալի է դառնում, թե ինչու «վասն ծովացեալ մեղաց իմոց» եղած նշանը, այն է՝ երկրաշարժը, կոչվում է նաև... ահարկու, զարմանալի, մեծ, հիանալի: Ստացվում է, որ աստծո ուղարկած աղետը դարձյալ մարդկային ցեղի հանդեպ նրա ունեցած հոգատարության և բարեսրտության արդյունք է: Հետևաբար՝ բնական է, որ բարեպաշտ գրիչը շարժի նկարագրությունն ավարտի փառատրությամբ, որպիսին մի անգամ արդեն տեսանք, և որի ամենադիպուկ ու լակոնիկ արտահայտությունը XIII դ. Հովհաննես գրչի հիշատակարանն է իր ձեռագիր ավետարանից.

«Յուլիս ամսոյ Թ. յաւուր երեքշաբթի պահոցն Այլակերպութեանն, ընդ Զ. ժամն եւ ընդ Թ.ի մէջ շարժ եղել լաւ: Փառք Աստուծոյ» [5]:

Այս, այսպես կոչված, «նախագուշական նշանի» մերօրյա արտահայտությունը եղավ «Աստված վատթարեն ազատի» խոսքը, որ հաճախ էինք լսում այս ու այն կողմից դեկտ. 7-ին հաջորդած օրերին:

Այսքանից հետո բանը հասնում է այնտեղ, որ միջնադարյան հայացքը երկրաշարժը «կուլտուրականացնելու» արդեն ուղղակի միջոցներ է գտնում. օրինակ, մի սրբի անեծքով շարժը հրահրվում է աստծո առաջ կամ մի այլ սրբի կողմից շարժը կանխագուշակվում է, և միաբանության ժողովուրդը փրկվում է արհավիրքից: I-ի օրինակը կարելի է կարդալ Ստեփանոս Սյունեցու վարքում, II-ինը մեջ ենք բերում ըստ

Գարեգին Հովսեփյանի ([6], էջ 175): Ի դեպ, II-ը պատմում է նաև Դվինի հերթական երկրաշարժի մասին. «... Եւ իբրեւ հեռացան (միաբանքն) միով մղոնաւ հեռի ի վանացն, եւ ահա իսկոյն շարժ եկն սաստիկ, եւ հոսեաց զվանքն հանդերձ լերամբն ի վայր կոյս իբրեւ նետընկեց մի, եւ յայնմ շարժմանէ տապալեցան շատ շինուածք ի բազում տեղիս, բայց ի Դուին քաղաքի մեռան ոգիք իբրեւ 62000 (վաթսուն եւ երկու հազարք) յայնմ շարժմանէ ընդ Հայ եւ ընդ Հրէայ եւ ընդ Պարսիկ»: Թե՛ նշան-շարժի ահագոյն իմաստը, թե՛ վերոնշյալ սրբերի կապը երկրաշարժերի հետ թույլ են տալիս ասել, որ նման աղետալի իրարանցման պայմաններում տուժածները և փրկվածները, ինչ-որ պահի սթափվելով իրենց «ինքնահոս» մեղսաբեր կյանքից, սկսում էին ջերմեռանդորեն նոր տեսիլներ տեսնել, սրբերի դոները գնալ կամ նոր սրբեր հայտնաբերել:

Այդ առումով անչափ խոսուն է Մխիթար Այրիվանեցու Պատմութեան մի ժամանակագրական փոքրիկ տվյալ՝ կապված Էաս Ալեքսանդրացու ժամանակագրական ցիկլի 500-ամյակի լրման հետ. 552 թ. «Շարժ ահագին ընդ ամենայն աշխարհ... վա յ զԱնտիոք: Աջ աստուածային երեւեցաւ ՚ի սուրբ մատրանն, եւ ՚ի սուրբն Սիոն՝ Աստուածածին՝ Յիսուս ՚ի գրկին» ([7], էջ 48): Այս փաստը հիշարժան է նաև վերջերս (1989-90 թթ.) Մասիսի՝ Մայաթ-Նովայում, Զվարթնոցում և այլուրեք եղած արքահայտնությունների առնչությամբ:

Երկրաշարժի նշանաբանության ասպարեզում մեծ դեր էր վերագրվում երկնի աստղերին, նրանց հայտնությանն ու ձայներին.

«Յառաջ քան զշարժն եղել ինչ յերկինս. զի տեսին ի գիշերի միում յօդս՝ որպէս թե նիզակաբունս կապուտս... երկոքին ծայրքն բարակ որպէս գեղարդի. եւ սակաւ-սակաւ դարձոյց զտտունս իւր յարեւելս եւ յարեւմուտս... եւ անհայտ եղել: ...Յետ այսաւրիկ երեւեցաւ յարեւելս աստղ մի կարմիր որպէս որդան. եւ ուներ երիս գէսս. մին սպիտակ, ստղագոյն եւ մին խարտեաշ՝ բոլորագունդ, ինքն բարձր եւ գէսքն կախեալ դէպ ի երկիր, ինքն կայր անշարժ, գէսքն շարժէին երբեմն-երբեմն... եւ յետ վեց աւուրց գէսքն ցրուեցան...» ([8], գլ. ԾԳ):

Նմանատիպ երկնային նշաններ են ուղեկցել նաև XI դ. մի երկրաշարժի, որի մեկնությունը տրված է Կոզեռնի տեսիլքում:

Փաստորեն մինչև այժմ դիտարկեցինք շարժերի ընկալման և հաղթահարման հստակ միջնադարյան վկայություններ, որոնց մեջ տիրապետող էր իռացիոնալ տարրը: Սակայն միջնադարցիք, երկրաշարժի «սուրբեկտիվ» պատճառներից և նշանակությունից բացի, նաև ուշադիր էին այդ երևույթի առաջացման մեխանիզմի վրա: Թովմա Արծրունին, պատմելով 893 թ. Դվինը վերջնականապես կործանած երկրաշարժի մասին, գրում է. «Բարկութեան հողմոց շնչեալ ընդ ջրոցն խաւարայնոց ՚ի կոխակս անդնդաքակս, զթանձրայատակ երկրի զկարծր և զծա-

նրալիք անկշիռ անբաւոյթիւնն տատանեալ, մինչ յերեսս երկրի ՚ի վեր մղեալ, հանդէպ քաղաքին Արտաշատու, որ Բլուրն նորուն ասի (Դվին բառի թարգմանությունն է: – Ա. Ս.), յորում շահաստանն Դուին՝ մարդախիտ, պարսպապատ պատնիշօք պատուարեալ, եւ տուրեւառիկ վաճառականութեամբ, եւ՝ ազգի-ազգի պղծութեամբ յափրացեալ յղփացեալ, զնա ի հիմանց տապալեալ... Եւ ասի լինել թիւ մարդկանն ապականելոց ի շարժմանէ՝ ոգիս առաւել քան ՀՌ (եւթանասուն հազար): Այս շարժումն սաստկագոյն քան որ եղեւ յամս Զաքարիայի Հայոց կաթողիկոսի, եւ յետ Է (7) ամի գերութեանն Հայոց: Անդ հանդիպեալ լինէր եւ երանելի եպիսկոպոսն Ռշտունեաց Գրիգոր վսամ (՝), ոչ կարաց իւրայուքն գերծանել իբրն յայնժամ առողթաւ (՝) ի լեառն (հավանաբար՝ «առ աղոթաւ էր» աղավաղումից: – Ա. Ս.), (հմմ. [9]): Բայց երանելի հայրապետն Տէր Գեորգ ... թողեալ զբնակելն ՚ի Դուին, ելեալ բնակեցաւ ՚ի Նորաքաղաքն ՚ի մեծ եկեղեցւոյն, որ յանուն սրբոյն Գրիգորի շինեալ էր երանելոյ տեառն Ներսիսի երրորդի Հայոց կաթողիկոսի» ([10], գլ. ԻԲ, 371, 372):

Այսպիսով, Թովմա Արծրունու պատկերացմամբ ստորերկրյա ջրային հոդմերի միջոցով առաջ եկած տատանումը, որ երկրի երես է ելել Արտաշատ-Դվինի շրջակայքում, անուղղակիորեն պատճառաբանվում է միևնույն ծանոթ երևույթով, այն է՝ մարդախիտ Դվինի առևտրական և տեսակ-տեսակ պղծություններով հղփացած մարդկանց բարքերով: Թովմա պատմիչը իր գրավոր կամ բանավոր աղբյուրների հիման վրա գոհերի թիվը հաշվում է 70000 (ըստ Գ. Հովսեփյանի «Յիշատակարանքի»՝ 62000, տե՛ս վերը), որից պետք է ենթադրել, որ հարվածը շատ հզոր, և կործանումն էլ համատարած է եղել, դրա համար էլ 893 թ. Գևորգ կաթողիկոսը աթոռը տեղափոխում է Զվարթնոց: Վերջինս սրանով երկրորդ անգամ է դառնում հայ կաթողիկոսի նստավայր, սակայն ժամանակավոր, որպեսզի դրանով կաթողիկոսը լրիվ լքած չլինէր Դվինը, որ պետք է վերակառուցվեր արդեն որերորդ անգամ:

Մ.Մաշտոցի անվան Մատենադարան

Ա. Ս. Սահակյան

Երկրաշարժի ընկալումը միջնադարյան Հայաստանում

Ինչպես բնական և հասարակական աղետները, երկրաշարժը ևս միջնադարցու կողմից ընկալվում էր իբրև մեղքերի պատճառով մարդկանց ուղղված աստվածային պատիժ, որը կոչված էր մարդկությանը նախազգուշացնելու ավելի դաժան պատիժներից և դարձի բերելու դեպի արդար կենցաղավարում և կրոնազգեցություն: Ստաց-

վում է, որ Աստված, մարդու հանդեպ անսահման սիրուց զրդված, նրան աղետանշաններ է ուղարկում, որոնց շնորհիվ վերջինս փառաբանում է Աստծուն և հետ կանգնում մեղսաբեր կյանքից հանուն իր փրկության:

А. С. Саакян

Восприятие землетрясения в средневековой Армении

Природные и социальные катастрофы, в том числе землетрясение, воспринимались в средневековье как божественная кара, посланная человеку за его грехи и были призваны предостеречь человечество от более сурового наказания, обратив его к праведному, религиозному образу жизни. Бог, безгранично любя человека, ниспосылал ему бедствия как знаки предупреждения, чтобы он отступил от греховной жизни ради своего спасения и прославлял за это Бога.

A. S. Sahakyan

Earthquake Perception in Medieval Armenia

Natural and social catastrophes, including earthquake, were perceived in medieval times as a divine punishment sent to human beings for their sins and intended to warn humanity from a more severe punishment by turning it to a righteous, religious way of life. The God, with boundless love for man, was sending down disasters to him as signs of warning, so that he retreated from a sinful life for the sake of his salvation and glorified God for this.

Գրականություն

1. Հիշ. 1978 – Հայերեն ձեռագրերի ԺԵ դարի հիշատակարաններ (1621-1640 թթ.), հ. Բ, կազմեցին՝ Վ. Հակոբյան, Աշ. Հովհաննիսյան, Երևան, 1978:
2. Ազարանգեղոս – Ազարանգեղայ Պատմություն Հայոց, աշխ.՝ Գ. Տեր-Մկրտչյան և Ստ. Կանայեանց, Տիպիս, 1909:
3. Հիշ. 1988 – Հայերեն ձեռագրերի հիշատակարաններ, Ե-ԺԲ դարեր, աշխ.՝ Ա. Ս. Մաթևոսյանի, Երևան, 1988:
4. Հիշ. 1967 – ԺԵ դարի հայերեն ձեռագրերի հիշատակարաններ, մասն Գ, կազմեց՝ Լ. Ս. Խաչիկյան, Երևան, 1967:
5. Հիշ. 1984 – Հայերեն ձեռագրերի հիշատակարաններ, ԺԳ դար, կազմեց՝ Ա. Ս. Մաթևոսյան, Երևան, 1984:
6. Յիշատակարանք – Գարեգին Ա. կաթողիկոս, Յիշատակարանք ձեռագրաց, Անթիլիաս, 1951:
7. Այրիվանեցի – Մխիթարի Այրիվանեցույ Պատմություն Հայոց, ի լոյս ընծայեաց Մկրտիչ Էմին, Մոսկվա, 1860:

8. Զաքարիա – Զաքարեայ Սարկավագի Պատմագրություն, Վաղարշապատ, 1870:
9. Աճառյան, ՀԱԲ – Հրաչեայ Աճառեան, Հայերէն արմատական բառարան, Երևան, 1926:
10. Արծրունի – Թովմայի վարդապետի Արծրունույ Պատմութիւն տանն Արծրունեաց, Թիֆլիս, 1917:

Կանոններ հեղինակների համար

1. «Հայաստանի գիտությունների ազգային ակադեմիայի Ձեկույցներ» հանդեսը լույս է տեսնում տարեկան չորս անգամ, զետեղում է գիտական հետազոտությունների նոր, ոչ մի տեղ չհրապարակված արդյունքներ պարունակող համառոտ, յուրօրինակ հոդվածներ:
2. ՀՀ ԳԱԱ ակադեմիկոսները, թղթակից անդամները և արտասահմանյան անդամները իրենց հոդվածները ներկայացնում են անմիջականորեն: Մյուս բոլոր հոդվածները ներկայացվում են ՀՀ ԳԱԱ անդամների միջոցով:
3. Հոդվածները կարելի է ներկայացնել հայերեն, ռուսերեն կամ անգլերեն լեզվով: Այդ երեք լեզվով պետք է ներկայացնել նաև ռեֆերատ:
4. Ներկայացվում է հոդվածի էլեկտրոնային տարբերակը (CD/DVD-ով կամ e-mail-ով՝ mas@sci.am) երկու տպագիր օրինակով՝ վերջնական խմբագրությամբ: Հոդվածի ընդհանուր ծավալը՝ 8 էջ (12000 նիշ): Օգտագործվող տեքստային խմբագիրը՝ MS Word, տառաչափը՝ 12 pt, տողերի միջև հեռավորությունը՝ 1.5: Նկարները ներկայացվում են առանձին ֆայլով bmp կամ wmf ֆորմատով:

*Հանդեսի համառոտ անունը՝
ՀՀ ԳԱԱ*

Правила для авторов

1. "Доклады Национальной академии наук Армении" выходят 4 раза в год и помещают краткие оригинальные статьи, содержащие новые, нигде не опубликованные результаты научных исследований.
2. Академики, члены-корреспонденты и иностранные члены НАН РА представляют свои статьи непосредственно, все остальные статьи представляются через членов НАН РА.
3. Статьи могут быть представлены на армянском, русском или английском языках; должны быть представлены также рефераты на этих трех языках.
4. Представляется электронный вариант статьи (на CD/DVD или по e-mail: mas@sci.am) с двумя распечатками в окончательной редакции. Общий объем статьи не должен превышать 8 стр. (12000 знаков). Используемый текстовый редактор MS Word, кегль 12 pt, интервал 1.5. Рисунки представляются отдельными файлами в формате bmp или wmf.

**Сокращенное название журнала
ДНАН РА**

Guidelines for Authors

1. "The Reports of the National Academy of Sciences of Armenia" are published four times a year and place brief original articles containing new results of scientific researches, which were not printed previously.
2. Academicians, Corresponding Members and foreign members of NAS RA submit their articles directly. All other articles are submitted through the Members of NAS RA.
3. Articles may be presented in Armenian, Russian or English languages. It must have been presented the abstracts in these three languages as well.
4. It should be presented the complete editing of the electronic variant of the article (CD/DVD or by e-mail: mas@sci.am) and two hard copies. The whole size of the article should not exceed 8 pages (12000 marks). MS Word would be used as a text editors, font size – 12 pt, line spacing – 1.5. Pictures should be presented by the separate files in bmp or wmf formats.

***The abbreviated name of the journal is
RNAS RA***