



NORWEGIAN JOURNAL OF DEVELOPMENT OF THE INTERNATIONAL SCIENCE

№40/2020

Norwegian Journal of development of the International Science

ISSN 3453-9875

VOL.1

It was established in November 2016 with support from the Norwegian Academy of Science.

DESCRIPTION

The Scientific journal “Norwegian Journal of development of the International Science” is issued 12 times a year and is a scientific publication on topical problems of science.

Editor in chief – Karin Kristiansen (University of Oslo, Norway)

The assistant of the editor in chief – Olof Hansen

- James Smith (University of Birmingham, UK)
 - Kristian Nilsen (University Centre in Svalbard, Norway)
 - Arne Jensen (Norwegian University of Science and Technology, Norway)
 - Sander Svein (University of Tromsø, Norway)
 - Lena Meyer (University of Gothenburg, Sweden)
 - Hans Rasmussen (University of Southern Denmark, Denmark)
 - Chantal Girard (ESC Rennes School of Business, France)
 - Ann Claes (University of Groningen, Netherlands)
 - Ingrid Karlsen (University of Oslo, Norway)
 - Terje Gruterson (Norwegian Institute of Public Health, Norway)
 - Sander Langfjord (University Hospital, Norway)
 - Fredrik Mardosas (Oslo and Akershus University College, Norway)
 - Emil Berger (Ministry of Agriculture and Food, Norway)
 - Sofie Olsen (BioFokus, Norway)
 - Rolf Ulrich Becker (University of Duisburg-Essen, Germany)
 - Lutz Jäncke (University of Zürich, Switzerland)
 - Elizabeth Davies (University of Glasgow, UK)
 - Chan Jiang (Peking University, China)
- and other independent experts

1000 copies

Norwegian Journal of development of the International Science

Iduns gate 4A, 0178, Oslo, Norway

email: publish@njd-iscience.com

site: <http://www.njd-iscience.com>

CONTENT

BIOLOGICAL SCIENCES

Daminova D., Ganieva Z., Mirzaeva G.
CAPSID BUG (HETEROPTERA, MIRIDAE) OF
UZBEKISTAN 3

Golubev D., Demchenko D.
MUSICAL MODEL OF MORNING EXERCISE TAKING
INTO ACCOUNT THE PHYSIOLOGICAL REACTION OF
THE BODY OF SCHOOLCHILDREN IN A CHILDREN'S
CAMP (FOR EXAMPLE: ARTEK INTERNATIONAL
CHILDREN'S CENTER»)..... 8

Zharkov N.
CYTOGENETIC CONTROL OF CONJUGATION
CHROMOSOMES AT TRITICUM AESTIVUM L. 10

**Ganieva Z., Khashimova M.,
Rustamov K., Xolmatov B., Mirzaeva G.**
ECOLOGICAL FIGHT AGAINST TERMITES IN THE
CULTURAL- HISTORICAL MEMORIALS 20

MATHEMATICAL SCIENCES

Dauylbai A., Seitmuratov A.
CALCULATION OF THE LOGARITHM AND ITS INVERSE
ELEMENT CONDITIONS IN THE DISCRETE ELEMENT
PROBLEM 24

PHYSICAL SCIENCES

Gladyshev G., Gladysheva E.
THERMODYNAMICS OF THE MANIFESTATION OF
AGING IN ONTOGENESIS..... 28

Tyapin A., Kinev E.
IMPROVING THE QUALITY OF ELECTRICITY OF A
METALLURGICAL ENTERPRISE BY BALANCING THE
INDUCTION LOAD..... 33

**Yurov V., Shelpyakov B.,
Guchenko S., Twardovsky A.**
AUTOWAVES IN HIGH ENTROPY COATINGS
CuTiZrCrNi 40

VETERINARY SCIENCES

Raitskaya V., Sevastyanova V.
EMATOLOGICAL AND BIOCHEMICAL BLOOD
INDICATORS OF CATTLE, MEASURES BY SEASONS OF
THE YEAR..... 49

BIOLOGICAL SCIENCES

CAPSID BUG (HETEROPTERA, MIRIDAE) OF UZBEKISTAN

Daminova D.,
Ganieva Z.,
Mirzaeva G.

Institute of Zoology at the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan

Abstract

This article highlights the 158 species of myrid bugs from 66 genera, which were classified by different scientists in this field. In Uzbekistan, this is the only list with such a volume.

Keywords: Myrid bugs, Uzbekistan, Central Asia, landscapes.

Fauna of hemipterans (*Heteroptera*) in Central Asia has always attracted lots of researches since the middle of XIX century as evidenced by their first list dated back 1849 published by Leman, as per the collections, in Bukhara and Samarkand (Puchkov, 1963). Since the second half of the XIX century, these researches have been replenished by the regular publications of new descriptions of the Central Asian species by V.E. Yakovlev (1889), O.M. Reuter (1879), Horvath (1926) Puthon, V.F. Oshanin (1870) at all., that were included in the consolidated article by V.F. Oshanin in 1891, containing over 530 species.

Further on, when the classic paper by V. Oshanin, the catalog on *HEMIPTERA, HETEROPTERA* (Oshanin, 1909), was issued, a range of researches of hemipterans of Central Asia was carried out, in which the major contribution was made by A.N. Kirichenko (1951, 1952, 1964) for Tadjikistan; by R.B. Asanova (1962) for Kazakhstan; by Yu. A. Popov (1966) to study the mountain system of the Western Tien Shan where he touched certain regions in Uzbekistan.

In Uzbekistan, the hemipterans are represented with collections of the species composition in mountainous regions of the Turkestan Range by Z.A. Pazhitnova (1952), V.V. Yakhontov and A.G. Davletshina (1960) represented the ancient delta of the Amu-Darya River, though the major their researches in the republic were held in humanized landscapes and were mostly related the cotton-lucerne agrobiocenosis in Samarkand, Bukhara, Tashkent, Andijan, Kashkadarya, Surkhandarya and other regions (Ostanova, 1955; Yakhontov, 1957; Alimdjanov, 1960; Dubovsky, 1961; Tuychiev, 1974; Bloomer, 1988; Khamraev, 1992; Daminova, Aripova, Khamraev, 2004; Daminova, Khamraev, 2008; Daminova, 2017), associated with the exposed harm to, first of all, the cotton, the major culture of the republic.

Miridae, the caps bugs, refer to the largest family among the hemipterans by the size of the species composition in the class (*Heteroptera*) which make the half, if not the bigger part of the species diversity of bugs of most plant associations. Most of species live on sap, however, predators and zoophytofags can be found among them.

That being said, the capsid bugs widespread in humanized landscapes count to over 45 species in the

abovementioned works, which indicates the inadequate coverage of this family in Uzbekistan, since most researches of their fauna have not been investigated in natural biotic communities. When investigating the entomofauna of the South-West Kyzylkums (Davletshina, Avanesova, Mansurov, 1979), 16 species of capsid bugs were identified; in special investigations of the fauna of myrids of the Southern Aral Sea Region A.S. Boltabaev (1995) describes 37 species. V.G. Puchkov (1977), by the results of his own collections, as well as collections of I.M. Kerzhner, notes the data on distribution of 5 little-known and 2 new species of the myrids in deserted and half- deserted regions of the country, but the highest variety of capsid bugs by species and size (62 species) were represented in the mountainous regions of the Western Tien Shan (Popov, 1966) and Pamir-Alay (Kerzhner, Muminov, 1964). For instance, on a single high-altitude part of the northern slope of the Turkestan Range (Guralash Juniper Reserve Park) in the abovementioned paper by Z.A. Pazhitnova (1952), including 20 species of specified capsid bugs, over 10 endemic forms are registered typical for the high-mountain regions of the Central Asia, among which the *Myrmecophyes* genus, as A.A. Быков (1971) noted, is the most massive insect damaging the high-mountain pastures of Tien Shan and Pamir-Alay. Among these species, new and little-known species of this genus for Uzbekistan are described. According to the author's observations, their strength ranged from 32 to 92% of all insects decreased.

Moreover, the collection materials of the Museum of Nature of the republic were used, where the myrid collections of the Korzhantau, Ugam, Pskem and Chatkal Ranges were represented, as well as collection of capsid bugs of the Zoological Institute of the Academy of Sciences of Uzbekistan, identified by Yu.P. Popov in Kyzyl-Kumam, Karshi and Jizzakh regions and the Golodnaya Steppe.

Totally 158 species of myrid bugs were identified out of 66 genes. The list first submitted for Uzbekistan in this volume is not intended to the exhaustive in terms of the species composition, though the represented material may be of scientific concern of the *Miridae* class prevalence in the republic.

Species composition of Miridae class capsid bugs of Uzbekistan

№	Species	Area- and zone-based prevalence			
		Mountainous terrains with river valleys	Deserted and steppe terrains	Cultural land- scapes	Alluvial tugai of river valleys
	1	2	3	4	5
Families MIRIDAE (CAPSIDAE)					
for families DICYPHINAE					
1	Dicyphus (Mesodicyphus) montanus Popp.	+			
2	D. (M.) testaceus Reut.	+		+	+
3	D. orientalis Reut.	+		+	+
4	D. (Brachyceraea) thoraecicus Reut.	+			
5	Campyloneura decorata Kir.			+	+
for families DERAEOCORINAE					
6	Deraeocoris (Camptobrochus) pilipes Reut.	+			+
7	D. (C.) punctulatus Schill.	+	+	+	+
8	D. (C.) serenus Dgl. Sc.	+			
9	D. (s. str.) scutellaris Fabr.	+			
for families MIRINAE					
Tribe Mirini					
10	Capsus cinctus Kol.	+			+
11	C. spinolae Mey.	+			
12	Neocoris basalis Reut.	+			
13	Charagochilus gillenhale Fall.	+			+
14	Polimerus (s. str.) nigritus Fall.	+			
15	P. (Poeciloscytus) asperulae Fieb.		+	+	
16	P. (P.) cognatus Fieb.	+		+	
17	P. (P.) dissimilis Reut.	+		+	+
18	P. (P.) unifasciatus F.	+		+	+
19	P. (P.) vulneratus Pz.	+		+	
20	Ligocoris (Apoligus) lucorum M.-D.	+			
21	L. (A.) contaminatus Fall.	+			+
22	Lygus (s. str.) gemellatus H.-S.	+	+	+	
23	L. (s. str.) pachychemis Reut.	+	+		
24	L. (s. str.) pratensis L.	+	+	+	+
25	L. rugulipennis Popp.	+	+	+	+
26	L. (Agnocoris) rubicundus Fall.	+		+	+
27	L. (Orthops) campestris L.		+	+	
28	L. (O.) basalis Costa		+	+	
29	L. (O.) kalmi L.	+		+	+
30	L. (O.) montanus Schil.			+	
31	L. (O.) pilosulus Jak.	+			
32	L. (O.) sanguinoletus Reut.	+			
33	Dichroscitus pseudosabinae Reut.	+			
34	Brachioleus decolor Reut.	+		+	
35	B. scriptus F.		+	+	
36	Calocoris conspersipes Reut.	+			
37	C. fedtschenkoi Reut.	+			
38	Adelphocoris lineolatus Gz.	+	+	+	+
39	A. jakovlevi Reut.	+		+	
40	Phitocoris varipes Boh.		+	+	
41	Phitocoris kirgizicus J. Pop.	+			
42	Ph. (Ktenocoris) confinis J. Pop.	+			
Tribe Stenodemini					
43	Stenodema (s. str.) holsatum F.	+			
44	S. (s. str.) laevigatum L.	+		+	
45	S. (s. str.) virens L.	+		+	
46	S. (s. str.) v. turanicum Reut.			+	
47	S. (Brachystira) calcaratum Fall.	+	+	+	
48	S. (B.) trispinosum Reut.	+			
49	Notostira erratica L.	+			
50	N. poppiusi Reut.	+			
51	Trigonotylus pulchellus Hahn.	+			
52	T. ruficornis Geoffr.	+		+	

53	T.brevipes Jak.				+
54	Leptopterna longicornis Reut.	+			
Tribe Myrmecorini					
55	Myrmecoris gracilis rubricatus Jak.	+			
Tribe Halticini					
56	Myrmecophyes acutifrons B.	+	+		
57	M. dubius B.	+			
58	M.ermaki B.	+	+		
59	M. hirsutiventris B.	+			
60	M. geniculatus Reut.	+			
61	M. kiritshenkoi Horv.	+			
62	M. korshinskii Reut.	+			
63	M. lacteipennis B.	+	+		
64	M. limbatus Reut.	+			
65	M. macrotrichus Horv.	+			
66	M. monticola Horv.	+			
67	M. muminovi Kerzh.	+	+		
68	M. nitens B.	+			
69	M. nigripes Reut.	+			
70	Microsynamma basalis Reut.	+			
71	Scirtetellus seminitens Horv.	+			
72	Chorosomella jakovlevi Horv.	+			
73	Labops (Pachytoma) brevipennis Reut.	+			
74	Anapus pectoralis Horv.	+			+
75	Orthocephalus bivittatus Fieb.	+			
76	O.eleagni Jak.				+
77	Halticus apterus L.	+			
78	H. pusillus H.- S.	+			
Tribe Orthotylini					
79	Cyllecoris decorate Kir.	+			
80	Globiceps (Globicellus) dispar Boh.	+			
81	G. (Kelidocoris) cruciatus Reut.	+			
82	Cyrtorhinus caricis Fall.				+
83	Blepharidopterus angulatus F. ?	+			
84	Orthotylus (s.str.) marginalis Reut.			+	+
85	O. (s. str.) elaeagni Jak.	+			
86	O. (s.str.) minutes Jak.		+		
87	O. (Melanotrichus) fieberi F.- G.	+			
88	O. (M.) flavosparsus Sahlb.	+	+	+	
89	O. (M.) turanicus Reut.	+			
Tribe Pilophorini					
90	Pilophorus sinuaticollis Reut.	+			
for families PHYLINAE					
Tribe Hallodapini					
91	Hallodapus (Plagioryamma) suturalis H.- S.	+			
92	H.(P.) concolor Reut.		+	+	
93	Aspidacanthus myrmecoides Reut.		+		+
Tribe Phylini					
94	Nasocoris argyrotichus Reut.	+			
95	Oncotylus (s. str.) desertorum Reut.	+		+	+
96	O. (s. str.) punctipes Reut.	+			
97	O. (s. str.) reuteri Osh.	+		+	+
98	O. (s. str.) vitticeps Reut.	+			
99	O.(Cylindromelus) setulosus H.- S.	+			
100	Eurecolpis flaveolus Stal.	+			
101	Acrotelus pilosicornis Reut.	+			
102	Conostethus salinus Sahlb.		+		
103	Pronotropis punctipennis Fieb.			+	+
104	Macrotylus cruciatus R.	+			
105	Psallopsis kirgicus Frey.	+			
106	P. longicornis Jak.	+			
107	Malthacosoma adpersum Reut.			+	+
108	Solenoxyphus (Macrocoleus) lepidus Put.	+	+	+	

109	<i>S. (M.) fuscovenosus</i> Fieb.	+			
110	<i>Coniortodes absinthii</i> Scott		+	+	
111	<i>C. kiritshenkoi</i> Kerzh.	+		+	+
112	<i>Amblytulus testaceus</i> Reut.			+	+
113	<i>Megalocoleus brevicornis</i> Reut.		+		
114	<i>M. chrysotrichus</i> Fieb.	+	+		+
115	<i>M.confusus</i> E. Wagn.			+	+
116	<i>M. dissimilis</i> Reut.	+		+	+
117	<i>Orthonotus fuscicornis</i> Reut.	+		+	
118	<i>Psallus (s. str.) cognatus</i> Jak.	+		+	
119	<i>P. (s. str.) nebulosus</i> Reut.	+			
120	<i>P.(s.str.) pumilus</i> Jak.	+			
121	<i>P.(s.str.) atomosus</i> Reut.	+			
122	<i>Atractotomimus picturatus</i> Kir.			+	
123	<i>Sthenaropsis gracilicornis</i> Linnv.		+		
124	<i>S. obscurus</i> Popp.		+	+	
125	<i>S. variegates</i> Popp.		+		+
126	<i>S. piperatus</i> Linnv.		+		+
127	<i>Criocoris quadrimaculatus</i> Fall.	+			
128	<i>Salicarus (Salicarus) concinnus</i> Putsh.	+			+
139	<i>S. (S.) halimodendri</i> Putsh.		+		+
130	<i>S. (Lobicris) basalis</i> Reut.	+			+
131	<i>Monosynamma basale</i> Reut.	+		+	
132	<i>Plagiognathus (s. str.) alpinus</i> Reut.	+			+
133	<i>P. arbustorum</i> F.		+	+	+
134	<i>P. (s. str.) bipunctatus</i> Reut.	+		+	+
135	<i>P. (s. str.) chrysanthemi</i> Wif.	+			
136	<i>P. (s. str.) fulvipennis</i> Kirschb.	+		+	
137	<i>P.(Zophocnemis) bicolor</i> Jak.	+			+
138	<i>P. (Poliopterus) albipennis</i> Fall.	+		+	
139	<i>P. pictus</i> Fieb.	+		+	
140	<i>Atomoscelis brevicornis</i> Reut.	+		+	
141	<i>Chlamydatus pulcarius</i> Fall.	+			+
142	<i>Ch. pullus</i> Reut.	+			+
143	<i>Ch. flaveolus</i> Stal	+			
144	<i>Campylomma diversicorne</i> Reut.	+	+	+	+
145	<i>C. verbasci</i> Mey.	+		+	+
146	<i>C. nicolasi</i> Put. et Reut.	+		+	
147	<i>C. annulicornis</i> Sign.	+			
148	<i>Auchenocrepis reuteri</i> Jak.		+		
149	<i>Sistelanotus discoidalis</i> Horv.			+	
150	<i>Maurodactylus albidus</i> Kol.	+	+		
151	<i>Eumecotarsus breviceps</i> Reut.	+			
152	<i>Tuponia (s. str.) elegans</i> Jak.	+	+		+
153	<i>T. (s. str.) sahlbergi</i> Reut.	+	+		+
154	<i>T. roseipennis</i> Reut.	+	+		+
155	<i>T. pallida</i> Jak.	+	+	+	+
156	<i>T.prasina</i> Fieb.	+	+	+	+
157	<i>T. tamaricis</i> Pz.		+		+
158	<i>Exaeretus meyeri</i> Frey.		+		

REFERENCES:

1. R.A. Alimjanov. To the Fauna of True Hemipteran Insects of Uzbekistan. // Entomological Collection. Tashkent, 1960. pp. 27-38.
2. R.B. Asanova. True hemipterans (Hemiptera-Heteroptera) of the Central Kazakhstan. // Works by the Institute of Zoology, Academy of Sciences of the Kazakh SSR, Vol. XYIII, Alma-Ata, 1962. pp.117-129.
3. A.G. Blumer. Hemipterans of cotton agrobiocenosis in the Tashkent region. // Arthropods of the cotton agrobiocenosis and desert biocenoses of Uzbekistan. Tashkent: Publishing House "Fan", 1988. pp. 24-28.
4. A.S. Boltabaev. Myrid capsid bugs (Hemiptera-Heteroptera: Miridae) of the Southern Aral Sea region. // Author's thesis of the Cand. Sc.Biology, Tashkent, 1995. - 21 p.
5. A.A. Bykov. Capsid bugs of Myrmecophyes genus Fieb. (Heteroptera, Miridae) fauna of the Tien Shan and Pamir-Alay // Entomol. Review, 1971. 50, 4, pp. 870-881.
6. A.G. Davletshina, G.A. Avanesova, A.K. Mansurov. Entomofauna of Southwestern Kyzylkum. Tashkent: Fan, 1979. -127 p.

7. D.B. Daminova, F.Kh. Aripova, A.Sh. Khamraev. On the species composition of the aphidophages of the Fergana Valley. // Uzbek. Journ. of Biology, 2001. No. 5-6. pp.75-79.
8. D.B. Daminova, A.Sh. Hamraev. The pattern of community formation of aphids and their aphidophages in the agrobiocenosis of the cotton field. // Int. scientific and practical. conf. Tashkent, 2008. pp. 137-142.
9. G.K. Dubovsky. Materials for the biology of myrid damaging the alfalfa in the Andijan region. // Works by the Andijan Paedagogical Inst., 1961, Ed. 8. pp. 23-27.
10. I.M. Kerzhner. Materials on the taxonomy of capsid bugs (Heteroptera, Miridae) of the fauna of the USSR // Entomological review 1962.411.2; pp. 372-387.
11. I.M. Kerzhner, T.L. Yachevsky. Class of Hemiptera (Heteroptera) - hemipterans, or bugs // Guide of insects of the European part of the USSR. Vol. 1., M.-L.: Nauka, 1964. pp. 655-845.
12. I.M. Kerzhner, N.N. Muminov On certain little-known capsid bugs (Heteroptera, Miridae) from Central Asia // Bulletin of the Department of the Science of Biology, Acad. of Scien. of Taj. SSR, 1964. No. 2. 18 p.
13. I.M. Kerzhner. New and little-known capsid bugs (Heteroptera, Miridae) from the USSR and Mongolia // Entom. Review, 1970, 49, 3. pp. 634-645.
14. A.N. Kirichenko True hemipterans of the European part of the USSR. M.-L.: Ed. Academy of Sciences of the USSR, 1951. - 423 p.
15. A.N. Kirichenko. True hemipterans and cycads. // Collection "The Condar Canon" M.-L.: Academy of Sciences of the USSR, 1951. pp. 181-187.
16. Kirichenko A.N. New and little-known hemipterans (Heteroptera-Hemiptera) of Tajikistan // Works by the Inst. of Zoology, Acad. Sciences of the USSR, 1952. X. pp. 140-198.
17. Kirichenko A.N. Heteroptera-Hemiptera of Tajikistan. Dushanbe: Acad.Sciences of Taj. SSR, 1964.- 257 p.
18. Ostanova M.M. True hemipterans, the vermin of alfalfa and control measures. //Author's thesis of the Cand. Scs. in biol., SAGU, Samarkand, 1955.-24 p.
19. Oshanin V.F. On the hemipteran insects of the Zeravshan valley. // Bullet. of the Community of natural sciences, anthrop., and ethnogr. lovers, 1870. VIII, Ed. 1, pp. 194-213.
20. Oshanin V.F. Zoogeographic nature of the hemipterans of Turkestan // Notes of the Imper. Russian Society of Geography, St. Petersburg, 1891. Vol. XXIII, No. I, pp. 1-116.
21. Pazhitnova Z.A. To the knowledge of the true hemipterans (Hemiptera-Heteroptera) of the Juniper Reserve Park in Guralash. // Works by the Central Asian State Univ., 1952. 32. pp. 34-59.
22. Yu.A. Popov. The species composition and distribution of the true Heteroptera of the Western Tien Shan // Fauna and zoogeography of insects of Central Asia. Dushanbe, 1966, pp. 79-114.
23. Puchkov V.G. New and little-known species of capsid bugs (Heteroptera, Miridae) of the fauna of Mongolia and Central Asia. // Entomol. Review, 1977.56, 2. pp. 360-375.
24. Tuychiev P. True hemipteran insects, the vermin of the cotton, alfalfa and other field crops of the irrigated zone in Karshinskaya steppe. //Author's abstract, Cand. of Scs. of Biology. Tashkent, 1974. - 27 p.
25. A.Sh. Khamraev. Myrid bugs, the cotton vermin. // Zashita rasteniy, 1993. No. 4. pp. 25-26.
26. V.E. Yakovlev. To the fauna of the hemipterans of Russia and neighboring countries (Zur Hemipteren - Fauna Russland und der angrenzenden Lander) // Works by the Russian Entomological Society, 1889. Vol. XXIV. - 324 p.
27. V.V. Yakhontov. Arthropodocenosis of the alfalfa field in the north of Uzbekistan. // Works by the TashSHI, Tashkent, Published by SAGU, 1957. Ed. 8. pp. 57-64.
28. V.V. Yakhontov, A.G. Davletshina. To the knowledge of the fauna of hemipterans (*Hemiptera-Heteroptera*) of the ancient delta of the Amu-Darya River // Entomol. Collection, 1960. pp. 9-25
29. Daminova D.B. Ecological features of *Miridae* bugs of cotton-alfa biocenosis of Uzbekistan //Journal of Novel Applied Sciences, 2017. 6, 2. pp. 52-55.
30. Oshanin B. V. Verzeichnis der Palaearktischen hemipteren mit besonderer berucksichtigung ihrer verteilung im missischen reiche. St.-Petersburg., 1909. -1087 p.
31. Reuter O.M. Capsidae Turkestanae. Diagnostischer offer nya Capsidar fran Turkestan. Ofv. Funsk. vet. Soc. Forh., 1879. XXI. pp. 199-206.

MUSICAL MODEL OF MORNING EXERCISE TAKING INTO ACCOUNT THE PHYSIOLOGICAL REACTION OF THE BODY OF SCHOOLCHILDREN IN A CHILDREN'S CAMP (FOR EXAMPLE: ARTEK INTERNATIONAL CHILDREN'S CENTER»)

Golubev D.

phd-student department physiology, deputy for organizational and methodological work of the Department for physical culture, sports and tourism

Demchenko D.

*head of the Department for physical culture, sports and tourism
FGBOU VO National State University of sports, sports and Health. P.F.Lesgafta,
35 Dekabristov str., Saint Petersburg, Russia
FGBOU International Children's Center "ARTEK", Russia,
Republic of Crimea, Yalta city district, urban-type settlement Gurzuf, Leningradskaya str. 41.*

Abstract

The article presents the results of the influence of the developed musical model with optimized physical exercises from modern fitness **areas** (yoga, Pilates, aerobics, taibo, functional training, etc.) on the student's body. We studied 45 children of school age. The objectives of the study were: to find the relationship between musical rhythm and heart rate; to identify the physiological "response" to the morning motor stimulus embedded in a specific musical model. The heart rate was recorded using the Polar sports technology in Finland. The study established the relationship between musical rhythm (bpm) and heart rate, as well as optimized physical exercises that are adequately superimposed on the musical model.

Keywords: charging, children's camp, circulatory system, school children, biological feedback

Introduction

An important component of a person's health-improving activity is morning exercise [1, p. 314]. The situation around this event is diverse in all countries. In Australia, this is a block of stretching exercises to music, residents of European countries perform highly intensive "blocks" of strength exercises, in the United States this is a minimal-simple set of exercises without additional load [4, p. 5684].

The ARTEK international Children's Center (hereinafter referred to as "ARTEK") is a research site and an object of Federal significance. There are nine camps on the territory of the center, and in each of them the morning begins with physical activity to music. Employees of the Artek sports center note that morning exercises do not have a single structure and stage [2, p.166]. To date, the physical education instructor chooses the musical accompaniment, motor actions and the rhythm of their performance to his "taste", guided only by General guidelines. All this makes it difficult for students to repeat and remember.

The absence of a single model of morning exercise that takes into account the speed of music playback (bpm), optimization of physical exercises from modern fitness programs and the physiological response of the body of schoolchildren predetermined our study.

Organization and methods of research

During the two summer camps, we surveyed 45 students (average age 14.9 years, average weight 50.2 kg, average height 165.8 cm). A musical model of a certain rhythm (BPM) is proposed, equipped with physical exercises from modern fitness programs (yoga, Pilates, tai-Bo, functional training). This model was memorized and presented by the physical education and sports teacher to students every morning. The study of the functioning of the circulatory system during

morning physical activity was carried out using sports equipment from Polar, Finland. The heart rate (hereinafter referred to as heart rate) was recorded. The results of statistical analysis are presented in the form of arithmetic mean and standard deviation ($M \pm q$). According to the student's criterion, the sample was examined for belonging to the normal distribution law. Indicators where $P > 0.05$ were considered significant. The analysis was performed in the Microsoft Excel 2017 statistical package.

Research result

Performing physical exercises is accompanied by an increase in the level of metabolic processes in the human body. The circulatory system is the most accessible for evaluating an urgent response to a motor stimulus. Heart rate is the oldest biomarker of quantitative "measure" of functional state [3, p. 47]. The connection of the physiological parameter with the speed of musical accompaniment (bpm) is traced (tab. 1). The reliable average value of the maximum heart rate was 127.7 beats per minute, which corresponds to a musical rhythm of 128 (bpm). These data indicate the performance of morning motor activity in a zone of low (aerobic) intensity [5, c. 1147]. The average heart rate values of individual blocks report the highest energy expenditure, which falls on the fourth block (tai-bo). This block is represented by dynamic Boxing hand movements and jumps. The decrease in motor activity occurs gradually, through marching steps, stretching and breathing from the block (yoga) at a musical rhythm of 124 (bpm). The physiological response of the cardiovascular system at this stage of morning activity reveals a decrease in heart rate to 100.6 beats per minute. We believe that these heart rate values are acceptable and do not cause significant functional changes in the body.

Table 1

Average heart rate values in the music model periods (M±1, n=45)

Heart rate (bpm/min)	speed of music accompaniment (bpm)
88,1±6,4*	124
111,2±8,3*	126
125,7±3,2*	128
127,3±4,6	126
100,6±8,2*	124

*- reliability of differences $p > 0.05$ during periods of different musical accompaniment speeds relative to the first day of measurement

A graph was constructed based on the average group monitoring data (Fig. 1). It is worth noting that with an increase in the musical rhythm (bpm), the heart rate increases gradually, as indicated by the General linear trend. Also, we believe that the increasing trend in (Fig. 1) it is explained by the features of selected physical exercises from modern fitness areas (Pilates, yoga,

functional training, taibo, etc.) and performing them with certain muscle modes to music. However, it should be taken into account that the established patterns were also influenced by such factors (incentives) as climatic, psychological, social and similar loads to which the child's body successfully adapted.

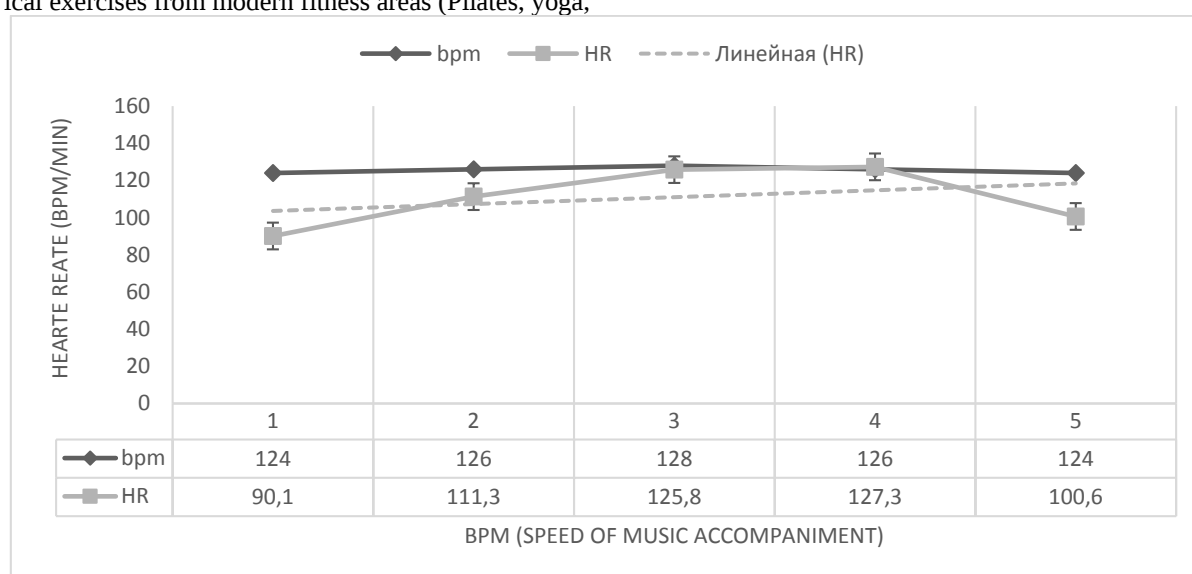


Figure 1 Heart rate dynamics for the proposed musical model of morning exercise

The measurements revealed the sequence of fitness directions, the time frame for each motor exercise, the optimal model of musical rhythm (bpm), and pulse values for each stage of morning exercise (Fig.2).

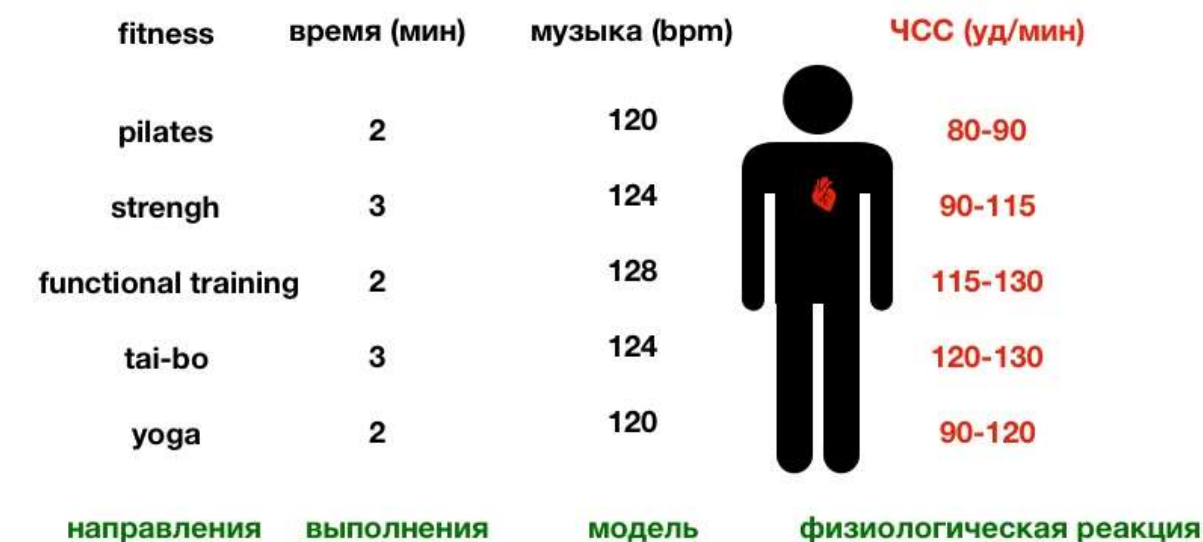


Figure 2 The structure of morning exercise, taking into account the musical rhythm, physiological response, time interval and optimized physical exercises from modern fitness areas

Thus, a certain musical model and optimized motor activity is expressed in an adequate physiological response and repeatability of students.

Conclusions

The results of our research allow us to draw the following conclusions:

1. The undulation of the physiological response of the cardiovascular system fully duplicates the musical model embedded in the structure of morning exercise
2. Reproduction and visualization of the music model, as well as optimization of physical exercises from modern fitness areas developed in the course of the study contributes to improving the quality of the health process in the children's camp

REFERENCES:

1. Fenev V. E., Egorycheva E. V., Chernysheva I. V., Shlemova M. V. *Utrennyaya ozdorovitel'naya gimnastika i ee znachenie* // *Mezhdunarodnyi studencheskii vestnik*. 2016. №5. S. 313-314. URL: <http://eduherald.ru/ru/article/view?id=15714> (data obrashcheniya: 07.01.2020)
2. Golubev D. V., Shchedrina Yu. A., Demchenko D. I. *Planirovanie obrazovatel'no-ozdorovitel'nykh meropriyatiy na osnove srochnogo monitoringa funktsional'nogo sostoyaniya shkol'nikov v detskikh lageryakh* (na primere: MDTs ARTEK) // *Problemy sovremennogo obrazovaniya*. 2018. № 4. S. 165-171.
3. *Bolezni serdtsa i sosudov. Rukovodstvo Evropeiskogo obshchestva kardiologov*. Pod red. A. Dzhona Kema, Tomasa F. Lyushera, Patrika V. Seruisa, (perevod s angliiskogo pod redaktsiei E. V. Shlyato). M.: Izdatel'stvo «GEOTAR-MEDIA», 2011 / Heart and cardiovascular diseases. Guidelines of the European Society of Cardiology. Edited by A. John Kamm, Thomas F. Lucher, Patrick V. Serruis, (translated from English under the editorship of Shlykhto E. V.)
4. Ali Barbar Effect of morning exercise on the psychological well-being of high school female students // *Annals of Biological Research*. 2012. № 3. S. (12):5681-5686 (<http://scholarsresearchlibrary.com/archive.html>)
5. J. Gholamhasan, et. all. The Effect of exercise in the Morning and the Evening Times on Aerobic and Anaerobic Power of Inactive Subjects // *World Applied Sciences Journal*. 2013. 22 (8): 1146-1150 (DOI: 10.5829/idosi.wasj.2013.22.08.2558).

УДК 576.3: 575:633.111

CYTOGENETIC CONTROL OF CONJUGATION CHROMOSOMES AT TRITICUM AESTIVUM L.

Zharkov N.

senior researcher of the Omsk agrarian scientific center, Omsk

ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КОНЬЮГАЦИИ ХРОМОСОМ У TRITICUM AESTIVUM L.

Жарков Н.А.

ст. научный сотрудник Омского аграрного научного центра, г. Омск

Abstract

Results of the cytological analysis of a meiosis metaphase I at a full series of monosomal lines of soft spring wheat variety Milturum 553 are presented in this article. On the basis of the conducted researches it was established that conjugation of chromosomes has the polygenic control system where entering genes stimulators and inhibitors, genes with autonomous functional activity and genes with the interfaced action type. Existence of the genes having identical efficiency in double and one doses is revealed. Besides, reasons for variation from control were determined for the analyzed traits of sisterly disomik.

Аннотация

В данной статье представлены результаты цитологического анализа метафазы I мейоза у полной серии моносомных линий сорта яровой мягкой пшеницы Мильтурум 553. На основании проведенных исследований установлено, что конъюгация хромосом имеет полигенную систему контроля, куда входят гены стимуляторы и ингибиторы, гены с автономной функциональной активностью и гены с сопряженным типом действия. Выявлено наличие генов, обладающих одинаковой эффективностью в двойной и одной дозах. Кроме того, были определены причины отклонения от контроля по анализируемым признакам сестринских дисомиков.

Keywords: soft wheat, monosomal lines, meiosis, chromosomes, genes.

Ключевые слова: мягкая пшеница, моносомные линии, мейоз, хромосомы, гены.

Мягкая пшеница *Triticum aestivum* L. является аллогексаплоидом и включает в себя три генома: A, B, D, принадлежащим разным видам родов *Triticum* *Aegilops* [1-3]. В состав каждого генома входит по 7 хромосом ($2n = 14$). На основании проведенного нуллисомно-тетрасомного анализа было установлено, что по три пары хромосом, принадлежащим

разным геномам, обладают сходным содержанием генетической информации и являются гомеологами [4]. После этого каждая хромосома получила двойное обозначение, где цифра указывает на принадлежность ее к конкретной гомеологической группе, а буква – к геному. В результате такой нумерации каждая из 7 гомеологических групп включает по три

хромосомы: 1A, 1B, 1D (группа 1), 2A, 2B, 2D (группа 2), 3A, 3B, 3D (группа 3) и т.д. до 7.

Хромосомы, принадлежащие к разным геномам, но входящие в одну гомеологичную группу, способны в профазе мейоза конъюгировать между собой, образуя мультиваленты. В настоящее время установлено, что процесс диплоидизации аллополиплоидных пшениц обеспечивается сложным генетическим комплексом, в общей совокупности которого определяющая функция отводится хромосоме 5B [5-6]. Лocus, ответственный за данный процесс у аллогексаплоидной пшеницы, был обозначен символом Ph (Pairing homeology) и локализован в длинном плече 5B хромосомы [7]. В отношении механизма действия этого гена существуют гипотезы, которые относятся в основном к двум категориям [8-10]. 1) Лocus Ph (*Ph1*) действует на предмейотических стадиях, управляя предмейотическим выравниванием гомологов и гомеологов. 2) Лocus Ph (*Ph1*) включается в исправление гомеологического синапсиса и подавление кроссинговера между гомеологами.

Кроме Ph-локуса хромосомы 5B у мягкой пшеницы обнаружено наличие еще двух супрессоров гомеологичной конъюгации, расположенных в коротком плече хромосом 3A и 3D [11-14]. После получения рецессивных форм и доказательства моногенности ингибирующих свойств хромосомы 3D, locus ее был обозначен символом *Ph2* [15-16]. Соответственно, идентичный ген 5B хромосомы стал именоваться как *Ph1* [16].

Из популяции растений мягкой пшеницы выделен третий ген, уменьшающий конъюгацию гомологов, *Ph3* [17]. Его происхождение связывают со спонтанной мутацией гена, расположенного в длинном плече хромосомы 5D. По своим характеристикам он менее активен, чем предполагаемая гомеаллель *Ph1*. Наличие генов-супрессоров гомеологичного спаривания хромосом обнаружено также в коротком плече хромосомы 3B [18], в длинном плече хромосомы 2D [19] и в хромосоме 2A [20]. Кроме того, в литературных источниках есть сведения о наличии минорных супрессоров в длинном плече хромосом 3A, 3D и в хромосоме 4D [21-22].

Однако регуляция мейотических процессов не ограничивается только супрессирующими факторами. По результатам цитогенетических исследований мягкая пшеница обладает системой генов, имеющей противоположное действие на попарное спаривание гомологов и гомеологов. Часто гены с альтернативным проявлением оказываются в одной группе сцепления. Так, короткое плечо хромосомы 5B влияет на конъюгацию гомеологов в направлении, противоположном *5B^L* [23]. Из вышеназванных хромосом наличие генов-стимуляторов обнаружено в 3A, 3B, 3D, 2A, 2B, 2D [11, 12, 18, 19, 24-25]. В пределах генотипа мягкой пшеницы наиболее сильным стимулирующим эффектом обладает хромосома 3B. Отсутствие ее у растений вызывает появление большого количества унивалентов. По выражению Э. Сирса [22] 3B несет ген нормального синапсиса. Хромосомы 5D и 5A обладают способ-

ностью снижать асинхронический эффект, вызванный изменением температуры [26-27]. Лocus, обуславливающий данное свойство был обозначен символом *ltp* – low temperature pairing [26, 28].

Таким образом, проведенный краткий обзор имеющихся литературных данных не дает полного представления о системе цитогенетического контроля конъюгации хромосом у мягкой пшеницы. Следует отметить, что конъюгация хромосом представляет собой достаточно сложный мейотический процесс и состоит из нескольких этапов. К ним относятся: 1) правильное распределение функций между гомологами при полюсной коориентации центромер; 2) процессы сближения и распознавания гомологов; 3) формирование синаптонемального комплекса; 4) кроссинговер и образование хиазм [29-32].

Основной целью проводимых исследований являлось определение системы цитогенетического контроля конъюгации хромосом у *Triticum aestivum* L.

Задачи исследования – провести цитологический анализ метафазы I мейоза у исходного сорта пшеницы и созданной по нему полной серии моносомных линий.

Материал и методика исследования

В качестве объектов исследования были взяты сорт яровой мягкой пшеницы Мильтурум 553 и созданная по нему полная, цитологически идентифицированная серия моносомных линий. Закладка и проведение опыта осуществлялась в строго контролируемых условиях (теплица) в 11летне-весенний период. Посев семенного материала проводился в сосуды. Повторность четырехкратная. По каждому варианту в повторности высевали 20 зерен (по 5 зерен в сосуд). Сосуды в пределах линии располагались в один ряд (по 4 сосуда). Ряды по стеллажу размещались рендомизированно.

Растения выращивали при 17 часовом освещении. Дополнительное досвечивание осуществляли лампами ДРЛФ-400. В процессе вегетации освещенность увеличивали с 8 – 10 тысяч люкс (посев – всходы) до 12-18 тысяч люкс (цветение – восковая спелость). Температурный цикл поддерживался в начальный период 18/16°C, на более поздних этапах развития – 22/18°C. Полив осуществлялся через день, до полного насыщения почвы. Влажность воздуха поддерживалась в пределах 50 – 70%.

В межфазный период выход в трубку – колошение проводили фиксацию микроспороцитов. Для этого с каждого растения брали по одному колосу. В качестве фиксаторов использовали смеси Ньюкомера [33]. Цитологические исследования мейоза осуществлялись на временных давленных ацетокарминовых препаратах с помощью микроскопа МБИ-3. Микрофотосъемку проводили под микроскопом МБИ-11, снабженным микрофотонасадкой МФН-12У4.2. Для анализа брали только первые и вторые цветки нижней части колоса. При этом в самоопыленном потомстве моносомных растений анализировали как моносомы ($2n=41$), так и сестринские дисомы ($2n=42$).

В метафазе I у исходного сорта и дисомной части популяции при увеличении 20х10 определяли количество клеток без унивентов, клеток с 2 и более унивентами и количество клеток с мультивалентами. У моносомных растений также определяли количество клеток с наличием двух и более дополнительных к моносоме унивентов и клеток с различного рода мультивалентами. При увеличении 90х10 в клетках всего анализируемого материала определяли количество палочковидных и кольцевых бивалентов, число хиазм на клетку и на бивалент. При этом для анализа отбирались только клетки с хорошо просматриваемым расположением хромосом. Полученные экспериментальные данные подвергались статистическим методам анализа, разработанных для качественных признаков [34].

Результаты исследования и их обсуждение.

Взятый в качестве объекта исследования сорт

яровой мягкой пшеницы Мильтурум 553 характеризуется стабильным прохождением мейоза. На стадии метафазы I микроспороциты имели в основном 21 бивалент с преобладанием конфигураций закрытого типа. Наличие унивентов в метафазных клетках отмечалось с частотой 1,08%. Количество палочковидных бивалентов на клетку составило 0,78, а число хиазм на бивалент – 1,998. Кроме бивалентных ассоциаций хромосом наблюдались и тетраваленты. Доля клеток с подобного рода образованиями в общем объеме изученного материала не превышало 1% (0,93 %).

Анализ микроспороцитов у моносомных растений показал, что в метафазе I мейоза преобладали клетки с нормальным синапсисом хромосом, имеющие характерные для них конфигурации, состоящие из 20 бивалентов и 1 унивента (рис. 1, а). Однако в ряде случаев наблюдались клетки с тремя и более унивентами (рис. 1, б), а также – с мультивалентами (рис. 1, в, г).

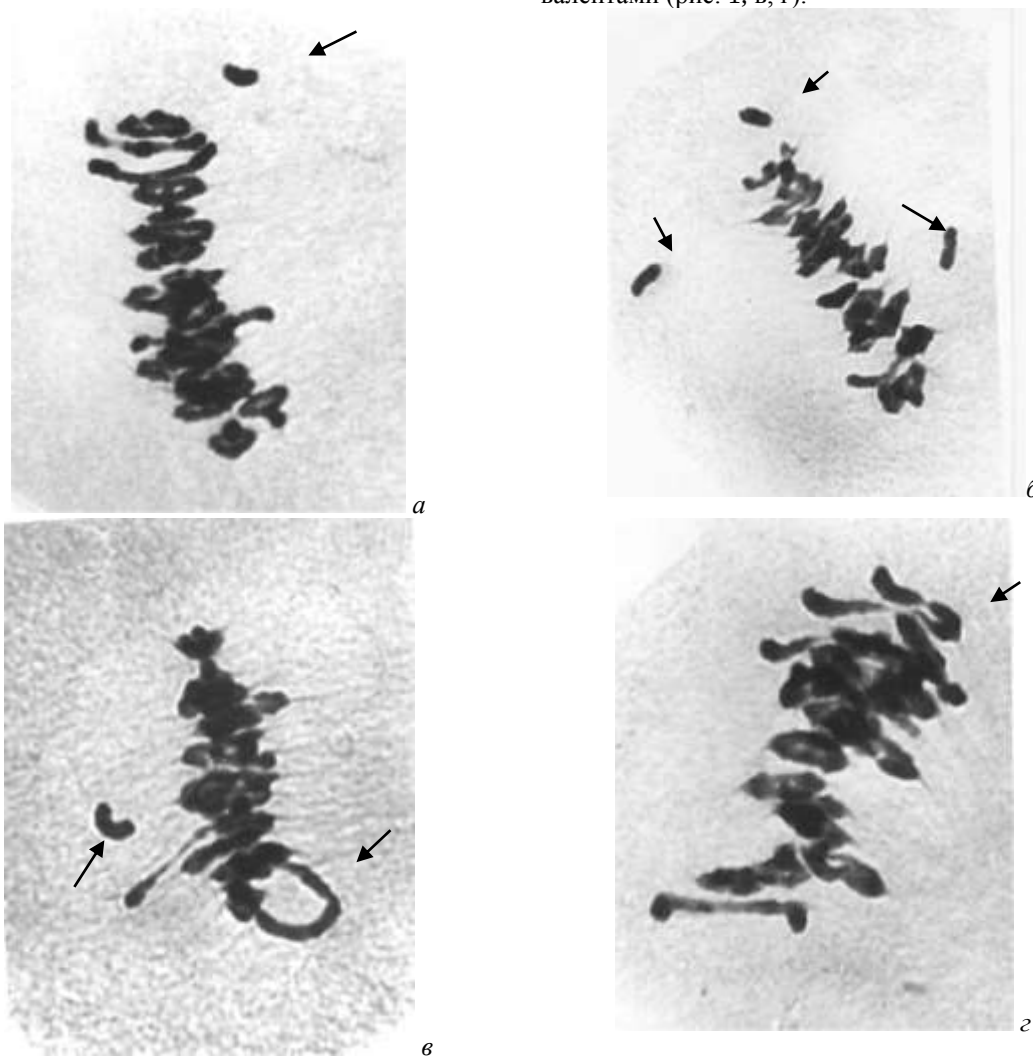


Рисунок 1 Конфигурация хромосом в метафазе I мейоза у моносомных растений Мильтурум 553: а – 20» + 1'; б – 19» + 3'; в – 18» + 1» + 1'; г – 19» + 1»; стрелками указаны унивенты (а, б, в), тетравалент (в), тривалент (г). Ув. 90х10.

Проведенный цитологический анализ метафазы I у серии моносомных линий показал, что отклонения от исходного сорта (контроль) по анализируемым признакам наблюдалось не только у моносомной части популяции, но и у сестринских

дисомиков. Если данное явление у моносомных растений объясняется исключением из генотипа части генетической информации, то сохранение эффекта моносомии при восстановлении двойной дозы хромосом требовало своего объяснения.

Для выяснения причин, обуславливающих отклонение дисомных растений от рекуррентного родителя и их различия между собой по генотипическому проявлению мейотических признаков, был проведен специальный опыт. По ряду моносомных

линий были отобраны сестринские дисомы и при строгой изоляции получено потомство трех поколений. Результаты цитологического анализа метафазы I мейоза двух таких наборов (4A и 3B) представлены в таблице 1.

Табл. 1

Процесс стабилизации метафазы I мейоза в потомстве самоопыленных сестринских дисомиков							
Анализируемый признак	Хромосома	Моносомик	Сестринский дисомик	Самоопыленное потомство сестринских дисомиков			Сорт М 553
				1	2	3	
I. Частота образования клеток с асинхитическими хромосомами							
1. Количество изученных клеток	4А 3В	1119 1154	489 370	512 1376	1196	1613	1392
Количество клеток с унивалентами, %	4А 3В	3,13*** 4,68***	2,86** 5,95***	0,78 4,08***	2,29*	1,74	1,08
II. Частота образования палочковидных бивалентов и хиазм							
Количество изученных клеток	4А 3В	272 265	102 102	112 202	187	150	161
Количество палочковидных бивалентов на клетку, %	4А 3В	6,35*** 7,40***	6,43*** 7,76***	3,33 4,76*	4,48	3,33	3,71
3. Число хиазм на бивалент	4А 3В	1,97** 1.99	1,97* 1.97**	2,10*** 2.01	2.01	2.03**	2.00

Отклонения от сорта Мильтурум 553 достоверны при: *P = 0,05 – 0,01; **P = 0,01 – 0,001; ***P ≤ 0,001.

Как видно из таблицы 1, при поочередном исключении из генотипа хромосом 4A и 3B, наблюдалось достоверное увеличение количества клеток с двумя и более дополнительными к моносоме унивалентами (клеток с асинхроническими хромосомами), количества палочковидных бивалентов на клетку и снижение числа хиазм на бивалент. При этом эффект моносомии полностью сохранялся при восстановлении двойной дозы хромосом у сестринских дисомиков. Возврат генотипа к исходному состоянию наблюдался по хромосома 4A уже в первом самоопыленном потомстве сестринских дисомиков, а по хромосоме 3B – во втором и третьем поколениях (табл. 1).

Как уже отмечалось ранее, конъюгация хромосом является достаточно сложным мейотическим процессом и включает в себя ряд этапов. Поэтому есть основания считать, что данный процесс имеет полигенную систему контроля. В случае исключения из генотипа части генетической информации происходит переопределение генетических связей,

для восстановления которых, в ряде случаев, требуется несколько мейотических циклов. Таким образом, изучение мейотических признаков у моносомной части популяции и сестринских дисомиков позволяет не только дополнительно выявлять наличие генов, но и устанавливать характер их действия и взаимодействия.

По результатам проведенных исследований большинство моносомных линий имели тот же уровень образования мультивалентов (тетравалентов), что и исходный сорт. Исключение составили линии, моносомные по хромосомам 2A, 1B, 3B, 2D и 7D (табл. 2). При этом отсутствие одной дозы хромосомы 1B и 3B вызвало достоверное увеличение частоты образования тетравалентов, что свидетельствует о наличии в них генов, способствующих подавлению синапсиса гомеологов. В случае гемизиготного состояния хромосомы 7D наблюдалось достоверное снижение доли клеток с тетравалентами, а 2A и 2D – хромосомные ассоциации подобного рода в метафазе I не наблюдались.

Таблица 2

Образование мультивалентов в метафазе I мейоза у моносомиков и сестринских дисомиков по «критическим» хромосомам сорта Мильтурум 553

Хромосома	Моносомик			Сестринский дисомик	
	Количество изученных клеток	Процент клеток с		Количество изученных клеток	Клеток с тетравалентами, %
		тетравалентами	тривалентами		
2A	1312	0,00±0,00***	0,08±0,08	861	1,16±0,36
6A	1464	0,75±0,22	0,07±0,07	681	0,00±0,00*
1B	1427	2,45±0,41**		646	1,39±0,46
3B	1154	1,99±0,41*		370	0,54±0,38
2D	1344	0,00±0,00***	0,82±0,25	816	0,61±0,27
7D	1175	0,26±0,15*	0,08±0,08	486	1,03±0,46
M553	1392	0,93±0,26		1392	0,93±0,26

Примечание. Достоверно отличаются от исходного сорта при: *P ≤ 0,05 – 0,01; **P ≤ 0,01 – 0,001; ***p = 0,001.

У растений, моносомных по хромосоме 2D, примерно с той же частотой вместо тетравалентов формировались триваленты (рис. 1, г). Их наличие в единичных клетках также отмечалось у моносомиков 2A, 6A и 7D. Практически во всех случаях в образовании тривалентов принимала участие анализируемая хромосома. Среди сестринских дисомиков достоверное отклонение получено только по 6A хромосоме, где клетки с мультивалентами не обнаружены.

При цитологической идентификации хромосом, участвующих в образовании мультивалентов используются два основных показателя. Это снижение доли клеток с тетравалентами, вплоть до полного их отсутствия при исключении из генотипа одной дозы “критической” хромосомы и участие моносомы в формировании тривалентов. Исходя из данного положения, а также результатов проведенных исследований (табл. 2), есть основания считать, что образование тетравалентов у Мильтурум 553 обусловлено в основном синапсисом двух пар гомеологичных хромосом: 2A и 2D. Наблюдаемые между ними различия по частоте встречаемости у моносомиков метафазных клеток с тривалентами, очевидно, связаны с проявлением их неадекватной роли в данном процессе. Взяв за основу эти показатели, можно предположить, что вероятность синапсиса вышеуказанных гомеологов в большей степени определяется хромосомой 2D, чем 2A.

Несколько необычно проявился эффект моносомии по хромосоме 6A. Ее гемизиготное состояние не оказало существенного влияния на частоту формирования тетравалентов. Однако у сестринских дисомиков наличие подобного рода хромосомных формирований в метафазе I не наблюдалось (табл. 2). По данным литературных источников [10, 35], в 6A хромосоме у сорта пшеницы Kaixian-Luohanmai был выявлен ген *ph* (*phKL*), который, по мнению авторов, усиливает синапсис чужеродных хромосом. Однако результаты проведенных нами исследований свидетельствуют о том, что действие хромосомы 6A сорта Мильтурум 553 может быть связано только с наличием в ней гена ингибитора синапсиса гомеологов. В данном случае у сестринских дисомиков сработал своего рода эффект сверхдозы, когда генотип своей компенсаторной способностью не смог сразу отреагировать на

появление второй дозы хромосомы 6A. В сложившейся ситуации были полностью исключены все возможности формирования тетравалентов у анализируемого генотипа.

По данным цитологических наблюдений, характер синапсиса хромосом у моносомных растений определялся не только наличием или отсутствием мультивалентов, но и частотой образования дополнительных к моносоме унивалентов (рисунок 1, б). Их наличие могло быть обусловлено как отсутствием синапсиса хромосом (асинапсис), так и преждевременным распадом бивалентов в профазе мейоза (десинапсис). В связи с тем, что методика проводимых исследований не позволяет идентифицировать природу их происхождения, целесообразно, исходя из данного определения двум вышеуказанным явлениям [36-37] и пользуясь рекомендациями R.K. Soost [38] ограничиться в дальнейшем понятием асинапсиса, без его детализации.

Достоверное отклонение от исходного сорта (контроль) по данному показателю было получено в одиннадцати случаях из 21 возможного (таблица 3).

Согласно результатам проведенных исследований отсутствие одной дозы хромосом 1B, 2B, 2D, 3A, 3B, 4A, 4B, 4D и 7A у серии моносомных линий вызвало увеличение количества клеток с асинаптическими хромосомами. Математически доказуемый отрицательный эффект по данному признаку проявился только при гемизиготном состоянии хромосомы 5D. Наибольшее количество клеток с нарушениями синапсиса наблюдалось у растений, моносомных по хромосомам 3A (5,12%) и 3B (4,68%), а наименьшее – 1A (0,40%) и 5D (0,41%). По усредненным данным уровень асинапсиса у моносомиков превышал исходный сорт на 1,07%.

Изучение метафазы I мейоза микроспороцитов сестринских дисомиков ($2n=42$) также выявило их неоднородность по проявлению рассматриваемого признака (табл. 3). Достоверное отклонение от рекуррентного родителя доказано по семи линиям. Причем в пяти случаях (3A, 4A, 3B, 2D и 4D) у сестринских дисомиков наблюдалось сохранение эффекта моносомии, а в остальных двух случаях (5B и 6B) существенность различий между дисомными растениями и контролем было получено при отсутствии такового для моносомной части популяции.

Таблица 3

Конъюгация хромосом в метафазе I мейоза микроспороцитов моносомных и дисомных растений сорта пшеницы Мильтурум 553

Линия, моносомная по хромосоме	Моносомик		Сестринский дисомик		±эффект восстановления двойной дозы хромосомы *)
	количество изченных 15лееток, шт.	клеток с дополнительными к моносоме унивалентами, %	количество изченных 15лееток, шт.	клеток с унивалентами, %	
1A	1002	0,40±0,20	704	1,42±0,45	1,02*
2A	1312	1,75±0,36	862	1,05±0,35	-0,70
3A	1542	5,12±0,56***	538	3,35±0,78***	-1,77
4A	1119	3,13±0,52***	489	2,86±0,75**	-0,27
5A	1669	1,02±0,25	718	0,97±0,37	-0,05
6A	1464	0,61±0,20	681	0,59±0,29	-0,02
7A	1295	2,93±0,47***	387	1,29±0,57	-1,64
1B	1427	2,38±0,40**	646	1,39±0,46	-0,09
2B	626	2,88±0,67**	779	0,64±0,29	-2,24**
3B	1154	4,68±0,62***	370	5,95±1,23***	1,27
4B	1692	2,30±0,36**	705	1,56±0,47	-0,74
5B	1349	0,74±0,23	539	2,60±0,69*	1,86**
6B	1023	1,08±0,32	586	2,39±0,63*	1,31*
7B	1069	1,78±0,40	473	1,69±0,59	-0,09
1D	1264	1,34±0,32	443	0,45±0,32	-0,89
2D	1344	4,61±0,57***	816	2,33±0,53*	-2,28*
3D	1148	1,74±0,39	442	2,04±0,67	0,30
4D	847	2,60±0,55**	506	2,96±0,75**	0,36
5D	1228	0,41±0,18*	514	2,14±0,64	1,73**
6D	1210	1,82±0,38	439	1,37±0,55	-0,45
7D	1175	1,62±0,37	486	2,26±0,67	0,64
X ср.	25959	2,15±0,09**	12112	1,84±0,12*	-0,31
M 553	1392	1,08±0,28	1392	1,08±0,28	

Различия достоверны при: *P = 0,05-0,01; **P = 0,01-0,001; ***P ≤ 0,001.

*) Здесь и далее эффект восстановления двойной дозы хромосомы определялся по разности выраженности признака у моносомиков и сестринских дисомиков.

По хромосомам 7A, 1B, 2B, 4B и 5D, где утрата одной дозы каждой из них приводила к заметному отклонению проявления анализируемого признака, сестринские дисомики практически не отличались от своего рекуррентного родителя.

Своеобразное влияние на конъюгацию гомологичных пар оказала хромосома 1A, поскольку оно выявлялось по разности частоты образования клеток с дополнительными унивалентами у моносомных и дисомных растений данной линии. В целом же показатель асиапсиса для сестринских дисомиков оказался ниже, чем у моносомиков, но достоверно выше, чем у исходного сорта Мильтурум 553 и составил 1,84%.

Моносомные растения в метафазе I мейоза формировали в основном кольцевые биваленты. Однако в общей совокупности хромосомных ассоциаций наблюдались и биваленты палочковидной формы (табл. 4). Их количество на клетку с нормальной конъюгацией хромосом ($20'' + 1'$) в среднем по серии составило 1,08, что оказалось на 0,30

больше, чем у рекуррентного родителя Мильтурум 553.

По данным представленным в таблице 4, количество палочковидных бивалентов варьировало по линиям от 0,78 (1A) до 1,57 (2D). Близкие по значению с первым показателем имели растения, моносомные по хромосомам 1D, 5D и 7D, со вторым – 3B и 4D.

По результатам проведенного математического анализа существенность различий между моносомными растениями и исходным сортом была доказана по пяти хромосомам генома A (все, кроме 1A и 6A), шести хромосомам генома B (все, кроме 5B) и трем хромосомам генома D (2D, 4D, 6D). Причем во всех этих случаях доля палочковидных бивалентов в метафазных клетках превышала аналогичный показатель у контроля (табл. 4).

По частоте образования палочковидных бивалентов не соответствовали исходному сорту 12 линий сестринских дисомиков, три из которых принадлежат геному A (3A, 5A и 6A), шесть геному B (все, кроме 7B) и три – геному D (2D, 4D и 5D).

Таблица 4

Частота формирования палочковидных бивалентов в метафазе I мейоза у моносомных растений и сестринских дисомиков Мильтурум 553

Линия, моносомная по хромосоме	Моносомик		Сестринский дисомик		± эффект восстановления двойной дозы
	количество изученных клеток, шт.	количество палочковидных бивалентов на клетку, %	количество изученных клеток, шт.	количество палочковидных бивалентов на клетку, %	
1A	258	3,90±0,27	144	3,62±0,34	-0,28
2A	279	5,95±0,31***	145	3,48±0,33	-2,47***
3A	338	5,70±0,29***	136	5,33±0,42**	-0,37
4A	272	6,35±0,33***	102	6,43±0,53***	0,08
5A	300	4,75±0,27*	129	4,95±0,42*	0,20
6A	184	4,25±0,33	104	2,14±0,31***	-2,11***
7A	215	5,70±0,36***	28	4,76±0,88	-0,94
Геном А	1846	5,25±0,12***	788	4,39±0,16	-0,86***
1B	269	5,80±0,32***	94	4,86±0,48*	-0,94
2B	173	6,10±0,41***	139	4,76±0,39*	-1,34*
3B	265	7,40±0,36***	102	7,76±0,58***	0,36
4B	302	5,80±0,30***	141	4,71±0,39	-1,09*
5B	272	4,05±0,27	115	6,19±0,49***	2,14***
6B	253	5,30±0,30***	121	5,33±0,45**	0,03
7B	236	5,30±0,33***	109	4,05±0,41	-1,25*
Геном В	1770	5,70±0,12***	821	5,38±0,17***	-0,32
1D	290	3,95±0,26	108	4,00±0,41	0,05
2D	268	7,85±0,37***	110	4,81±0,45***	-3,04***
3D	265	3,65±0,26	82	4,24±0,49	0,59
4D	275	6,95±0,34***	110	5,95±0,49***	-1,00
5D	276	3,95±0,26	126	6,38±0,48***	2,43***
6D	264	6,35±0,34***	85	3,86±0,46	-2,49***
7D	264	3,95±0,27	125	3,71±0,37	-0,24
Геном D	1902	5,25±0,11***	746	4,76±0,17**	-0,49*
Х ср.	5518	5,40±0,07***	2355	4,81±0,10**	-0,59***
М 553	162	3,71±0,32	162	3,71±0,32	

*P = 0,05 – 0,01; **P = 0,01 – 0,001; ***P ≤ 0,001.

Сохранение эффекта моносомии (достоверного отклонения признака от контроля, вызванного моносомным состоянием хромосомы) наблюдалось при восстановлении двойной дозы хромосом: 3A, 4A, 5A, 1B, 2B, 3B, 6B, 2D, и 4D. В четырех случаях (4A, 5A, 3B и 6B) данный процесс сопровождался тенденцией к усилению выраженности характера отклонения анализируемого признака от его проявления у исходного сорта, а в двух случаях (2B и 2D) – достоверное снижение (табл. 4).

Существенность различий между сестринскими дисомиками анеуплоидных линий 6A, 5B, 5D и рекуррентным родителем была получена при отсутствии такового у их моносомиков. Примечательно, что дисомные растения по 6A хромосоме имели более низкий уровень частоты образования палочковидных бивалентов, а по хромосомам 5B и 5D – более высокий. Восстановление двойной дозы хромосом 2A, 7A, 4B, 7B и 6D сопровождалось стабилизацией генотипа в отношении детерминируемого ими анализируемого признака.

По усредненным данным, характеризующим число хиазм на бивалент, моносомики и сестринские дисомики практически не отличались от исходного сорта Мильтурум 553. Однако конкретное проявление хиазообразовательного процесса в

значительной степени определялось особенностями каждой моносомной линии (таблица 5). Наибольшее количество хиазм на бивалент (2,054) зарегистрировано при гемизиготном состоянии хромосомы 7B, а наименьшее (1,961) – хромосомы 7A. Достоверное отклонение моносомных растений от рекуррентного родителя было получено по пяти хромосомам генома А (все, кроме 3A и 6A), четырем хромосомам генома В (1B, 4B, 5B, 7B) и трем хромосомам генома D (2D, 4D, 6D). Причем, только в трех случаях (1A, 5B и 7B) эффект моносомии проявился с положительным знаком.

Среди сестринских дисомиков самая высокая частота образования хиазм в бивалентах зафиксирована по 6A хромосоме (2,036), а самая низкая – по 3B хромосоме (1,968). Существенность их отклонения от исходного сорта по данному признаку была доказана в пяти случаях (1A, 4A, 6A, 3B, 6B). Сестринские дисомики по 6A хромосоме имели более высокие показатели хиазообразовательного процесса, а по хромосомам 3B и 6B более низкие, при отсутствии проявления по ним эффекта моносомии. Его сохранение наблюдалось у дисомных растений, выделенных из популяции моносомных линий 1A и 4A (табл.5). Возврат к исходному дисомному состоянию хромосом 2A, 5A, 7A, 1B, 4B,

5B, 7B, 2D и 4D сопровождался восстановлением генотипа по частоте образования хиазм в бивалентах до уровня недостоверной значимости. Влияние

хромосомы 5D на проявление данного признака улавливалось лишь по разности между моносомиками и сестринскими дисомиками (табл. 5)

Таблица 5

Количество хиазм на бивалент в метафазе I мейоза у моносомных растений и сестринских дисомиков сорта пшеницы Мильтурум 553

Линия, моносомная по хромосоме	Моносомик		Сестринский дисомик		± эффект восстановления двойной дозы хромосомы
	изучено клеток, шт.	среднее количество хиазм на бивалент, шт.	изучено клеток, шт.	Среднее количество хиазм на бивалент, шт.	
1A	258	2,013±0,009*	144	2,015±0,005*	0,002
2A	279	1,986±0,002*	145	2,011±0,005	0,025***
3A	338	1,987±0,004	136	1,990±0,005	-0,003
4A	272	1,972±0,005**	102	1,975±0,008*	0,003
5A	300	1,984±0,004*	129	1,996±0,006	0,012
6A	184	1,998±0,005	104	2,036±0,008****	0,038***
7A	215	1,961±0,005****	28	1,981±0,010	0,020
Геном А	1846	1,986±0,001****	788	2,003±0,001	0,017***
1B	269	1,978±0,004**	94	1,985 ±0,007	0,007
2B	173	1,989±0,006	139	1,990±0,006	0,001
3B	265	1,987±0,005	102	1,968±0,009**	-0,019
4B	302	1,982±0,002**	141	1,992±0,003	0,010
5B	272	2,015±0,004*	115	1,981±0,007	-0,034***
6B	253	2,007±0,005	121	1,980±0,006*	-0,27***
7B	236	2,054±0,005***	109	1,990±0,006	-0,064***
Геном В	1770	2,001±0,001	821	1,984±0,0003****	-0,017
1D	290	2,007±0,004	108	1,996±0,006	-0,011
2D	268	1,973±0,005**	110	1,995±0,007	0,022*
3D	265	2,012±0,004	82	2,004±0,007	-0,008
4D	275	1,973±0,005**	110	1,998±0,007	0,025**
5D	276	2,004±0,004	126	1,986±0,007	-0,018*
6D	264	1,969±0,005***	85	2,015±0,007	0,046***
7D	264	2,011±0,004	125	2,011±0,005	0,000
Геном D	1902	1,994±0,002	746	2,000±0,003	0,006
Хср.	5518	1,990±0,002	2355	1,995±0,002	0,005
М 553	162	1,998±0,006	162	1,998±0,006	

Различия достоверны при: *P = 0,05 – 0,01; **P = 0,01 – 0,001; ***P ≤ 0,001.

Таким образом, результаты проведенного цитологического анализа метафазы I у серии моносомных линий показал, что использование, кроме моносомиков, сестринских дисомиков значительно расширяет возможности изучения системы цитогенетического контроля конъюгации хромосом в мейозе. Проведение моносомно-дисомного анализ позволяет выявлять дополнительные гены, контролирующие тот или иной мейотический признак, устанавливать характер их действия и взаимодействия (табл. 6). Возврат генотипа к исходному состоянию при восстановлении двойной дозы хромосом указывает на то, что данная хромосома имеет гены с автономной функциональной активностью. Сохранение же эффекта моносомии у сестринских дисомиков свидетельствует о наличии в анализируемой хромосоме генов с сопряженным типом действия, так как для восстановления генотипа в данном случае требуется несколько мейотических циклов (табл. 2).

Как видно из таблицы 6 синапсис гомологичных пар определяли 13 хромосом. Действие 10-ти хромосом было связано с наличием в них генов стимуляторов. При этом 5 хромосом обладали генами с автономной функциональной активностью и 5 – с

сопряженным типом действия (табл. 6). Действие же остальных 3 хромосом определялось присутствием генов-ингибиторов.

В цитогенетическом контроле синапсиса отдельных плеч хромосом (количество палочковидных бивалентов на клетку) принимало участие 17 хромосом. Из них действие 15 хромосом было связано с присутствием генов стимуляторов, а действие 2 хромосом (5B и 5D) – с присутствием генов-ингибиторов. Пять хромосом обладали генами стимуляторами синапсиса отдельных плеч с автономной функциональной активностью и 9 генов подобного рода действия с сопряженным типом действия.

Хиазмообразовательный процесс у сорта пшеницы Мильтурум 553 определяли 15 хромосом. Среди них действие 10 хромосом определялось генами стимуляторами, действие остальных 5 хромосом – генами ингибиторами. В первом случае 8 хромосом обладали генами с автономной функциональной активностью и 1 хромосома (4A) – генами с сопряженным типом действия. В отношении направленности действия генов ингибиторов, то здесь можно лишь условно разделить хромосомы на три группы, представленные в таблице 3.

**Система цитогенетического контроля конъюгации хромосом у сорта яровой мягкой пшеницы
Мильтурум 553**

Мейотический признак	Количество контролирующих хромосом	Из них хромосомы с генами		В том числе с		
				автономной функциональной активностью	сопряженным типом действия	сохраняющими свою эффективность при гемизиготном состоянии
Синапсис гомологичных пар	13	промоторами	3A, 4A, 7A, 1B, 2B, 3B, 4B, 2D, 4D, 6D	7A, 1B, 2B, 4B, 6D	3A, 4A, 3B, 2D, 4D	
		ингибиторами	5B, 6B, 5D	5D		5B, 6B
Синапсис отдельных плеч хромосом	17	промоторами	2A, 3A, 4A, 5A, 6A, 7A, 1B, 2B, 3B, 4B, 6B, 7B, 2D, 4D, 6D	2A, 7A, 4B, 7B, 6D	3A, 4A, 5A, 1B, 2B, 3B, 6B, 2D, 4D	6A
		ингибиторами	5B, 5D		5B, 5D	5B, 5D
Хиазмообразовательный процесс	15	промоторами	2A, 4A, 5A, 6A, 7A, 1B, 4B, 2D, 4D, 6D	2A, 5A, 7A, 1B, 4B, 2D, 4D, 6D	4A	6A
		ингибиторами	1A, 3B, 5B, 6B, 7B	5B, 7B	1A	3B, 6B

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Sax N. Sterility in wheat hybrids. II. Chromosome behavior in partially sterile hybrids // Genetics – 1922. – 7. – P. 513-552.
2. Khan A.A., Khaliq M., Nawaz-Ur-Rehman M.S., Irshad A. Cytogenetics and Evolution of Triticum aestivum L. // Int. J. Agri. Biol. – 2005 - Vol.7, № 3. P. 527-534.
3. Авдеев В.И. К проблеме происхождения видов пшеницы (*Triticum* L.). Агрономия и лесное хозяйство. 2018. 2(70): С. 53-56.

4. Sears E.R. Nullisomic-tetrasomic combinations in hexaploid wheat – In: “Chromosome manipulations and plant genetics”. Edinburg, Oliver, Boyd: 1966. P. 29-45.
5. Okamoto M. Asynaptic effect of chromosome V // Wheat Inform. Serv. – 1957. - №5, 6. – P. 20-27.
6. Riley R., Chapman V. Genetic control of the cytologically diploid behavior of hexaploid wheat // Nature. – 1958. - 182. - P. 713-715.

7. Wall A.M., Riley R., Gale M.D. The position of the locus on chromosome 5B of *Triticum aestivum* affecting homoeologous meiotic pairing // *Genet. Res.* – 1971. – 18. – P. 329-339.
8. Feldman M. Cytogenetic activity and mode of action of the pairing homoeologous (Ph1) gene of wheat // *Crop. Science.* – 1993. – Vol. 33, No.5. – P. 894-897.
9. Zharkov N.A. Pattern of common wheat chromosome univalent meiotic behavior as an exhibition of the special cell division. EWAC newsletter. Proceeding of the 11th EWAC Conference. 2001. C. 180-183.
10. LIU Deng-Cai, ZHENG You-Liang, YAN Ze-Hong, ZHOU Yong-Hong, WEY Yu-Ming, LAN Xiu-Jin. Combination of Homoeologous Pairing Gene *phKL* and *Ph2*-deficiency in Common Wheat and Its Meiotic Behaviors in Hybrids with Alien Species. *Acta Botanica Sinica*. 2003. 45(9): P. 1121-1128.
11. Mello-Sampayo T. Genetic regulation of meiotic chromosome pairing by chromosome 3D of *Triticum aestivum* // *Nature. New Biol.* – 1971. – Vol. 230, No.9. – P. 22-23.
12. Mello-Sampayo T., Canas A.P. Suppressors of meiotic chromosome pairing in common wheat // *Proc. 4th Int. Wheat Genet. Symp.*, Columbia, Mo, 1973. – Columbia, Mo. – 1973. – P. 709-713.
13. Driscoll C.J. Genetic suppression of homoeologous pairing in hexaploid wheat // *Can. J. Genet. and Cytol.* – 1972. – Vol.14, No.1. – P. 39-42.
14. Mello-Sampayo T., Lorente R. The role of chromosome 3D in the regulation of meiotic pairing in hexaploid wheat // *EWAC Newslett.* – 1968. – Vol.2. – P. 19-24.
15. Sears E.R. A wheat mutant conditioning an intermediate level of homoeologous chromosome pairing // *Can. J. Genet. Cytol.* – 1982. – Vol. 24. – P 715-719.
16. McIntosh R.A. Catalogue of gene symbols for wheat // *Seventh Intern. Wheat Symp.*, Cambridge, England, 13-19 July 1988. – 1988. – Vol. 2 P. 1225-1322.
17. Viegas W.S., Mello-Sampayo T., Feldman M., Avivi L. Reduction of chromosome pairing by as spontaneous mutation on chromosomal ARM 5D^L of *Triticum aestivum* // *Can. J. Genet. Cytol.* – 1980. – Vol.22, No.4. – P. 569-575.
18. Miller T.E., Reader S.M., Gale M.D. The effect of homoeologous group 3 chromosomes on chromosome pairing and crossability in *Triticum aestivum*, // *Can. J. Genet. Cytol.* – 1983. – Vol.25, No.6. – P. 634-641.
19. Ceoloni C., Strauss I., Feldman M. Effect of different doses of group-2 chromosomes on homoeologous pairing in intergeneric wheat hybrids // *Can. J. Genet. Cytol.* – 1986. – Vol.28, No.2. – P. 240-246.
20. Apolinariska B., Zukarzewski A.J. Differential suppression of homoeologous pairing in two recombinants of *Triticum aestivum* // *Wheat Inform. Serv.* – 1980. – No.51. – P. 7-9.
21. Driscoll C.J. Minor genes affecting homoeologous pairing in hybrids between wheat and related genera // *Genetics.* – 1973. – Vol.74. – P.556.
22. Sears E.R. Genetic control of chromosome pairing in wheat // *Annu. Rev. Genet.* – Palo Alto, Calif, 1976. – 1976. – Vol.10. – P. 31-51.
23. Riley R., Chepman V. Effect of 5B^S in suppressing the expression of altered dosage of 5B^L on meiotic chromosome pairing in *Triticum aestivum* // *Nature (Engl.)*. – 1967b. – Vol. 216, No.5110. – P. 60-62.
24. Sears E.R. Cytogenetic studies with polyploidy species of wheat. II. Additional chromosomal aberrations in *Triticum vulgare* // *Genetics.* – 1944. – Vol.29. – P. 232-246.
25. Sears E.R. The aneuploids of common wheat // *Missouri Agr. Exp. Stat. Res. Bull.* – 1954. – No. 572. – P. 1-58.
26. Hayter A.M., Riley R. Duplicate genetic activities affecting meiotic chromosome pairing at low temperatures in *Triticum* // *Nature (Engl.)*. – 1967. – Vol.216, No.5119. – P. 1028-1029.
27. Bayliss M.W., Riley R. An analysis of temperature-dependent asynapsis in *Triticum aestivum* // *Genet. Res.* – 1972. – Vol. 20. No.2. – P. 193-200.
28. Chepman V., Law C.N. The location of an *Ltp* gene in hexaploid wheat // *EWAC Newslett.* – 1974. – No.4. – P. 10-11.
29. Жарков Н.А. Анеуплоидная модель механизмов мейотических преобразований у пшеницы. 1. Механизм перехода хромосом от митоза к мейозу // *Цитология и генетика*. 2001. – Т.35, №4. – С. 18-24.
30. Schwarzacher T. Three stages of meiotic homologous chromosome pairing in wheat: cognition, alignment and synapsis // *Sex Plant Reprod.* – 1997. – 10. – P. 324-331.
31. Богданов Ю.Ф. Белковые механизмы мейоза // *Природа*. – 2008. – №3. – С. 3-9.
32. Ronceret A., Pawlowski W.P. Chromosome dynamics in meiotic prophase I in plants // *Cytogenetic and Genome Research*. June 10. – 2010. P. 1-11. DOI: 10.1159/000313656
33. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. – М.: Колос, 1974. – 288 с.
34. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 4-е изд., 1979. – 416 с.
35. Liu Dengcai, Luo Mingcheng, Yang Juliang, Yen Chi, Lan Xinjin. Chromosome location of a new paring promoter in natural populations of common wheat // *Southwest china J. Agr. Sci.* – 1997. – 10. – P. 10-15.
36. Ригер Р., Михаэли, А. Генетический и цитогенетический словарь // *Пер. с нем.* – М.: Колос, 1967. – 608 с.
37. Гуляев Г.В., Мальченко В.В. Словарь терминов по генетике, цитологии, селекции, семеноводству и семеноведению. – М.: Россельхозиздат, 1975. – 214 с.
38. Soost R.K. Comparative cytology and genetics of asynaptic mutants in *Lycopersicon esculentum* Mill // *Genetics.* – 1951. – 36. – P.410-434.

ECOLOGICAL FIGHT AGAINST TERMITES IN THE CULTURAL- HISTORICAL MEMORIALS**Ganieva Z.***Senior Researcher, Candidate of Biological Sciences, Laboratory of Anti-parasitic preparations,
Institute of Zoology Academy of Sciences Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan***Khashimova M.***Junior Researcher, Laboratory of Entomology,
Institute of Zoology Academy of Sciences Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan***Rustamov K.***Director of the Republican Center for Termite Control at the
Institute of Zoology of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan***Xolmatov B.***Doctor of Biological Sciences, Director of the
Institute of Zoology of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan***Mirzaeva G.***Senior Researcher, Candidate of Biological Sciences,
Laboratory of Entomology, Antiparasitic,
Institute of Zoology, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan***Abstract**

The article shows the harmfulness of termites to residential premises and cultural and historical monuments in Central Asia and the use of anti termite bait against termites created by scientists of Uzbekistan.

Keywords: Termites, ecological problems, entomopathogen, anti-termite baits.

Among the all countries of the Central Asia, one of the most dangerous pests is considered termites, which induce great impairment to buildings and structures, in particular, cultural-historical memorials.

Termites are astonishingly sustainable social insects, their adaptive capabilities are not only preserved, but also improved over millions of years. From the side of biologists of various directions, interest in the life of termites is increasing, because termites are dangerous, being serious pests of structures, despite their use in the circulation of substances in nature in the conservation and multiplication of soil fertility. At the world level, the conducted research on termites aspire to studying the biology, ecology and distribution of termites and great attention is paid to the development of a scientifically-based control strategy to prevent their harmfulness. In particular, at present, in world practice, due to the emergence of environmental problems, it is becoming increasingly difficult to conduct measurements against termites [1].

Researches and scientists of the Zoology Institute of the Sciences Academy of Uzbekistan are implementing many scientific projects in this field, including, the research on the development and application of effective methods to combat termites.

The Resolution of the Cabinet of Ministers "On the Action Program for the Environmental Protection of the Republic of Uzbekistan for 2013-2017" contributes to the further expansion of the scope and improvement of the quality of work carried out in this direction. This program clarifies a number of tasks to further improve the environmental balance.

Nowadays about 3 thousand species of termites exist – these are insects living in a hot climate, feeding on plant debris and other cellulose-containing materials, furthermore, they play an important role in ensuring the stability of ecosystems. Large-scale development of steppe zones in Uzbekistan has led to a change in the

biology, ecology of termites and a change in their habitat.

The basic building materials are wood and clay in Uzbekistan and termites are easily adapted to this environment, owing to the similarity of these conditions to their way of life. Thus, termites began to settle closer to people, also adjacent to historical monuments and memorials of cultural heritage. This has led to an extension in the destruction by termites. Therefore, the fight against termites is one of the acute problems of science.

This is also pertinent to the Central Asian region, owing to the drying of the Aral Sea, a great number of environmental problems arise (drying, salinization of soils and etc), which leads to even more unexpected and severe conditions in these ecologically distressed regions. In recent years, the harmfulness of termites has been increasing from year to year in the regions of the Aral Sea basin (Karakalpakstan and Khorezm region). Scientists explain this process by means of several biotic, abiotic and anthropogenic factors. Millions of kilometers of soil became empty from great amount of water, giving rise to the level of groundwater. The region's ecosystem is modifying, in particular, flora and fauna.

Separate termite families were first discovered in Uzbekistan in 1875. These are Turkistan's *Anacanthotermes turkestanicus* Jacobs, 1904 and the large Caspian *A. ahngerianus* Jacobs, 1904. Land reclamations led to the rise of groundwater. Ahead of them, termites rose from the underearth. Every spring, families of tens of thousands of individual termites fly into the air. They can flap their wings for several hours, and if the wind also helps them, they travel tens and hundreds of kilometers. Termites of the genus *Anacanthotermes* are dry woody insects. Their favorite food is dry vegetation. In recent years, termites' attack on buildings and structures of cities and rural territories have increased dramatically and this creates a turbulent situation in the Central Asian republics, including Uzbekistan. [2].

In the territories of Uzbekistan, these insects pose a special threat on the wooden structures of historical monuments. According to the observations of experts, about 50 historical monuments in Khiva, about 30 thousand residential buildings in other regions of the country are suffered from termites. The fight against termites began in the 50s of the last century. However, the chemical methods used then caused serious harm to the environment. Moreover, at that time the environmental aspect of the problem was not taken into consideration.

The availability and abundance of food in residential buildings, some protection from abiotic and biotic environmental factors compared with their natural habitat causes the latter to migrate from their natural habitat to synanthropic territories. The social way of life, the high number, the complex relationship, the functional specialization of castes in termite mounds, good protection from external environmental factors, the availability and abundance of food in residential buildings, make them able to quickly restore the population from a negligible number of survivors after fighter measures.

According to statistics, in recent years, more than 15 thousand residential facilities have been infected with termites in Uzbekistan. The damage caused by

them is extremely large. Creating colonies in the building elements of residential and non-residential premises, they destroy historical monuments, industrial, hydraulic structures, housing stock, willingly eat paper, cardboard, fabrics, and other cellulose-containing materials [3].

For example, inside the fortress of the historical complex "Ichan Kal'a" in Khiva, inscribed on the UNESCO World Heritage List, there are 56 buildings and structures that are of great historical significance. In the construction of most of these buildings and structures, in addition to richly decorated wooden columns, wood materials were used. When examining the objects of the historical complex, clay sculptures were discovered, which indicated that they were infected with termites (Picture. 1)

The Science Academy has allocated funds for basic research, which confirms the seriousness of the problem of termite control. On the basis of the Zoology Institute of the Science Academy of Uzbekistan, the Decree of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan No. 27, dated February 2, 2012 created the SUE "Republican Center for the Control of Termites of the SARU".



Picture 1 The damage of termites to the wood structures of the mosque "Juma" in the historical complex of Ichan-Kal'a, Khiva, Uzbekistan.

Employees of the Entomology Laboratory and the Termite Control Center annually monitor termite infection in all regions of the Republic. Populations of Turkestan and large Transcaspian termites have increased dramatically in recent years. Termites are identified in 72 districts and cities of the republic. Cultural and historical monuments, civil and industrial buildings suffer, especially in rural areas. In the Republic of Karakalpakstan and ten regions of the country, termites have already caused significant damage. In the Beruni and Khojeyli districts of Karakalpakstan, there are villages where all houses are infected with termites. Houses collapse, residents are forced to leave their homes. In Khiva, out of 56 historical monuments, termites have

undermined 31 ancient monuments. Almost all wooden piers are infected along the highway from Beruni to Nukus.

How to fight against termites? It is known that it is possible to reduce the number of their populations mechanically, physically or by spraying the surface with insecticides, but these methods are not very effective and do not give the desired effect.

In 2003, the US Department of Agriculture initiated a joint project with the Zoology Institute of the Sciences Academy of the Republic of Uzbekistan to develop a strategy to deal with termites in historical sites. Dr. Ashok Raina, of the US Department of Agricultural Research Service located in New Orleans, a Taiwanese

yellow-termite specialist, was responsible person for the project from the side of the United States of America.

For the first time in world practice, a laboratory led by prof. A.Sh. Khamraeva. As a result of joint efforts, in partnership with American scientists, high-tech technologies based on local resources were developed that are being successfully implemented in the field of protection of residential premises, cultural heritage monuments, buildings and structures [4].

For this, the properties of nutrients in the preparation of pathogenic and toxic food for termites were studied. For this purpose, 39 plants of the flora of the Republic were tested, including 5 species of plants attracting termites: sunflower (*Helianthus annuus* L.), Russian broom (*Sorghum saccharatum* (L.) Pers.), Camel thorn (*Alhagi pseudalhagi* (MB). Desv.), White Corn (*Sorghum vulgare* Pers.), Wheat Stalks (*Triticum* L.). Among these plants, it was found that the sunflower stalk is especially effective in the preparation of a food substrate for pathogenic bait against termites.

When studying the food specialization of termites, it was revealed that several termite nests were directly connected to each other and as a result created one single colony. As you know, in public insects, including termites of the genus *Anacanthotermes*, there is a phenomenon of trophallaxis - the exchange of food between family members. The family of social insects is a single organism. It is laid, grows, reproduces and is regulated like any other living system. Features of the termite's nutritional profile suggest that slow-acting termitocides and pathogens can be much more effective than fast-acting ones. When using such drugs, nutrients in the food chain can fall into the deep layers of the nest [5,6].

In addition, experimental laboratory studies on the transmission of the entomopathogenic fungus *Beauveria tenella* in the food chain show that the infection caused by *Beauveria tenella* fungus in termites is trans-

mitted from patients to healthy through food by trophallaxis, and it can spread throughout the colony. Transmission of the infection caused by the fungus through infected individuals reduces the rate of use of the entomopathogen biomass, and is aimed exclusively at the pest population, which reduces costs for termite control and contributes to the improvement of the environment. In this regard, the *Beauveria tenella* strain was used in the composition of the bait against termites based on a sunflower stalk (*Helianthus annuus*). In this case, the bait food eaten by one termite with a slowly acting toxic agent through the feeding chain causes poisoning of a wider range of castes in the population, and most importantly, those individuals that are deep in the nest and play a major role in the reproduction of termites (reproductive castes). [7,8].

Thus, an industrial design was developed - a cylindrical container (SARU patent №. SAP 2013 0098) and a utility model - *Anacanthotermes* termite exterminator (SARU patent №. FAP 2013 0080) (Picture 2).

Anacanthotermes - termite exterminator comprises a cylinder-shaped cardboard body with through holes uniformly formed on the surface. The body is filled with a mixture of crushed plant matter saturated with an entomopathogenic fungi preparation. As a result of the improvement of the termite exterminator, the attractive and pathogenic properties of its body and the vegetable feed enclosed inside it with a biological agent have increased.

Poisoned bait against termites, enclosed in a container, fortified at the sites of infection of wood structures with termites, within 3-6 months destroy the entire colony of termites. An industrial design and utility model are important for the biological method of controlling termites of the genus *Anacanthotermes* by poisoning the entire colony. The release of pilot batches of anti-termite baits began to be carried out on the created "ANTITERMIT" technological line. Production is simple, the cost of baits is low.



Picture 2 Installation of anti-termite baits

a) In residential premises, b) In the historical complex "Ichan-Kal'a" - on the columns of the mosque "Juma"

Extensive tests of anti-termite baits have shown their high efficiency in the fight against termites in residential, public buildings and historical monuments. With the establishment of these baits in the mosque "Juma", which was heavily infected by termites, in the historical complex Ichan-Kal'a in the city of Khiva, Khorezm region, the historical monument was completely cleared of termites.

In order to tackle with the abovementioned issues, to implement the Program of Action for Environmental Protection of the Republic of Uzbekistan for 2013-2017, approved by the Resolution of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan; together with the science-production department for the protection and use of cultural heritage sites of the Ministry of Culture and Sports of the Republic of Uzbekistan and from the Science Academy of the Republic of Uzbekistan has assigned Agreement № 9, dated 05.24.2017, on the topic: "Development and implementation of environmentally friendly methods of preserving historical and natural cultural monuments from the damage by termites."

In accordance with the identified problems, two tasks were solved:

1. to research the peculiarities of the biology and ecology of termites inhabiting the natural and cultural-historical memorials of the republic;
2. to create and put into practice the composition of poisoned baits against termites, a favorite food substrate and highly effective biological and other means;

In 2017, in the historical complexes, such as "Fayoz Tepa", "Al Hakim At-Termiziy", "Kokildor ota honokokhisi", "Kirk kiz" situated in Surkhandarya region, termites' infection was identified. Anti-termite measures were taken to eliminate them. In particular, in the historical complex "Al Hakim At-Termiziy" 4110 pieces of poisoning baits against termites were installed; in "Fayoz Tepa" complex - 2240 pieces, in "Kokildor ota honokokhisi" complex - 1750 pieces and in the historical complex "Kirk Kiz" - 1900 pieces were installed.

A positive result was obtained from the toxic effect of the poisonous baits, where anti-termite baits were previously installed in historical objects in Khiva, Khorezm region, monitoring termites showed that when examining the 21 premises of "Ichan-Kala" historical complex, including the "Kukhna Ark", "Pakhla-von Mahmud" complexes; in "Polvon Kori" trading house; madrasahs "Kozi Kalom", "Kutlug Murod Inok", "Abdullahon", "Muhammad Amin Inok", "Muhammad Rakhimkhon", "Allakulikhon", "Abdurasulboy", in the Tosh Hovli Palace and others, thus termites and their clay sculptures have not been identified [9].

All in all, details of the feeding characteristics of termites are described. The widespread use of pathogenic and toxic feeds as part of anti-termite baits has shown their high biological effectiveness in the fight against termites in residential premises, public buildings and historical monuments. Currently, scientists of the institute are conducting scientific research to further increase the effectiveness of anti-termite baits. The successes of science in this area contribute to ensuring environmental and socio-economic stability.

REFERENCES:

1. Khamraev A.Sh. Termites of Central Asia: Problems and Solutions. // Bulletin of the Karakalpak branch of the Science Academy of the Republic of Uzbekistan. - Nukus, 2006. - No. 4. P. 20-23.
2. Khamraev A.Sh., Lebedeva N.I., Zhugunisov T.I., Abdullaev I.I., Rakhmatullaev A., Raina A.K. Food Preferences of the Turkestan termite *Anacanthotermes turkestanicus* (Isoptera: Hodotermitidae) // Sociobiology, 2007. V. 50. - №2. - P. 469 - 478.
3. Ganieva Z.A., Rustamov K.J., Khashimova M.Kh., Mirzaeva G.S., Lebedeva N.I. Termites of Central Asia and how to fight against them in the monuments of cultural and historical heritage. // Int. scientific pract. conf. -Almaty, 2019. - Volume 2. - P. 230-234.
4. Abdullaev I.I., Khamraev A.Sh., Martius Ch. Termites (Isoptera) in Irrigated and Arid Landscapes of central Asia (Uzbekistan) // Sociobiology (USA, Colifornia) Vol. -2002. -№ 3 (40). - P. 605-614.
5. Ganieva Z.A., Khashimova M.Kh., Nurzhanov A.A. Possibility of infecting *Beauveria brongniartii* termites during trophollaxis. // Protection and quarantine of plants. - Moscow, 2015. - No. 10. - P.-49.
6. Ganiev Z.A., Kuchkarova L.S. Trophollaxis is the main element in the preservation of the family and termite colony of the genus *Anacanthotermes*.// Reports of the Science Academy of the Republic of Uzbekistan. - Tashkent, 2015. - No. 5. - P. 75-79.
7. Weiser Y. 1972. Microbiological methods of combating harmful insects - P.639.
8. Nurjanov A.A., Ganieva Z.A., Khashimova M.Kh. // Trophollaxis as a new mechanism of transmission of alimentary infection in public insects. // Materials of the international conference "Infectious pathology of arthropods" St. Petersburg. 2012. P. 48.
9. Mirzaeva G.S., Lebedeva N.I., Rustamov K.D., Ganieva Z.A., Ibragimov K.S., Ergasheva L.E. Monitoring xylophages insects in cultural heritage sites. // Actual problems and achievements of genetics, genomics and bioinformatics: Scientific-practical. conf. - Tashkent, 2017 .P. 129-131.

MATHEMATICAL SCIENCES

CALCULATION OF THE LOGARITHM AND ITS INVERSE ELEMENT CONDITIONS IN THE DISCRETE ELEMENT PROBLEM

Dauylbai A.

Master student of Korkyt Ata Kyzylorda state University. Kyzylorda. Kazakhstan

Seitmuratov A.

Doktor of Physical and Matematical Sciences,

Professoz, Korkyt Ata Kyzylorda State University. Kyzylorda. Kazakhstan

Abstract

The discrete logarithmic problem is one of the main problems of modern number theory. In mathematics, you need to use the apparatus of group theory, a part of discrete mathematics, to get a discrete logarithmic problem. Now let's focus on some of the later concepts of this device. The associativity theorem occupies a very large place in algebra: it allows you to define the product of any finite number of elements in a group, not just two elements, and use simple rules for parentheses when viewing these products.

Keywords: Discrete logarithmization. Associative theorem. Exponential. Subexponentially.

Indeed, if we are given three elements a, b, c we do not yet know what the multiplication of these three elements is: the axioms of the group speak of the product of only two elements, and the expression $a \cdot b \cdot c$ is not yet defined. But the law of associativity, on the one hand, multiplying element a by element $b \cdot c$, and on the other hand, multiplying element $a \cdot b$ by element c , we get as one element. This element, which is the product of elements a and $b \cdot c$ and the product of elements $a \cdot b$ and c , can be defined in the written order a, b, c and designated as $a \cdot b \cdot c$.

The condition for the existence of a negative element is as follows. Any element in the group for a

$$a \cdot 1 = 1 \cdot a = a \quad (1)$$

in the group where the condition is met, there is an element 1. This means that in the group mentioned in the contract other than 1, but for any element a , it is exactly the same

$$a \cdot 1' = 1' \cdot a = a \quad (2)$$

there is no definition that the second element $1'$, which has properties, cannot be. The absence of such element $1'$ comes from the unity theorem of the next neutral element.

Theorem: If an element a of group G is found for an element 1_a that satisfies one of the conditions $a \cdot 1_a = a$ or $1_a \cdot a = a$, then it must be $1_a = 1$.

Evidence: First, let's assume that $a \cdot 1_a = a$. For any element b , let's note that $b \cdot 1_a = (b \cdot 1) \cdot 1_a$, and 1 is replaced by $a^{-1} \cdot a$, $b \cdot 1_a = b \cdot a^{-1} \cdot a \cdot 1_a = b \cdot a^{-1} \cdot (a \cdot 1_a) = b \cdot a^{-1} \cdot a = b$. So we have $1_a \cdot b = (1 \cdot 1_a) \cdot b = a^{-1} \cdot a \cdot 1_a \cdot b = a^{-1} \cdot (a \cdot 1_a) \cdot b = a^{-1} \cdot a \cdot b = b$. And so, for any b there will be $b \cdot 1_a = 1_a \cdot b = b$.

In the independent case, take $b = 1$. We get the following equality: $1 \cdot 1_a = 1$.

However, on the other hand, by the definition of element 1, the equality $1 \cdot 1_a = 1_a$ is satisfied. From these two equations, it turns out that $1_a = 1$. This was the very thing to prove.

Thus, from the definition of $1 \cdot a = a$, we can get the equilibrium $1_a = 1$. The condition for the reverse element is specified as follows: Element a^{-1} is equal to $a^{-1} \cdot a = a \cdot a^{-1} = 1$ for each element a . It also says that not the only element of a^{-1} , but only the found one. Prove this loneliness, i.e. prove the following theorem.

Theorem: If any element a^{-1} is found for this a that satisfies one of the conditions $a \cdot a' = 1$ or $a' \cdot a = 1$, then it must be $a' = a^{-1}$.

Evidence: Let $a \cdot a' = 1$. From this $(a^{-1}) \cdot (a \cdot a') = a^{-1} \cdot 1 = a^{-1}$, i.e. $(a^{-1} \cdot a) \cdot a' = a^{-1}$ and $1 \cdot a' = a^{-1}$, then $a' = a^{-1}$. Thus, from the definition of $a' \cdot a = 1$, we can conclude that $a' = a^{-1}$.

Thus, for a given a , it is the only element x that satisfies the equations $ax = 1$ or $xa = 1$, namely the element $x = a^{-1}$.

Now let's take the element a^{-1} . element a satisfies the equality $a^{-1} \cdot a = 1$, that is, for element a^{-1} it is only a new element $x = (a^{-1})^{-1}$. So $(a^{-1})^{-1} = a$.

Now let $a, b \in G$ be, then in this group

$$xa = b \quad (3)$$

consider the equation. Obviously, this equation has a solution: $x = ba^{-1}$. This solution is unique, because if the element C (3) is the solution of the equation, then $ca = b$, i.e. $c = caa^{-1} = ba^{-1}$. Just so,

$$ax = b \quad (4)$$

the only solution to the equation is the element $a^{-1}b$.

Effects. If $ab = ac$, is also $ba = ca$, then $b = c$. Now we prove the following important equilibrium:

$$(ab)^{-1} = a^{-1}b^{-1} \quad (5)$$

Indeed, the element $(ab)^{-1}$

$$ab \cdot x = 1 \quad (6)$$

is the only element of group X that satisfies the conditions, but $ab \cdot (b^{-1}a^{-1}) = a(bb^{-1})a^{-1} = a \cdot 1 \cdot a^{-1} = a \cdot a^{-1} = 1$.

It follows that the element $x = b^{-1}a^{-1}$ satisfies condition (6), i.e. indeed, $(ab)^{-1} = b^{-1}a^{-1}$

Using the method of mathematical induction we can easily get the overall result: $(a_1 \dots a_n)^{-1} = a_n^{-1} a_{n-1}^{-1} \dots a_1^{-1}$. In the independent case, the equilibrium $c(a_1 \dots a_n)^{-1} = ca_n^{-1} a_{n-1}^{-1} \dots a_1^{-1}$ is obtained, called the second rule of opening brackets.

The discrete logarithm problem is a problem about a function g^x in a finite multiplicative group G . Discrete logarithmic problems are often found in the multiplicative group of deduction rings or in the group of elliptic curves in boundary fields and finite fields. In General, the algorithm for solving the discrete logarithm problem is unknown.

The solution of the equation $g^x = a$ for data g and is called a discrete logarithm based on the element g .

Theorem: Let it be any natural number. For any natural number $m \leq n$, the following equality holds (the first rule of parentheses):

$$(a_1 \dots a_m)(a_{m+1} \dots a_n) = a_1 \dots a_n \quad (7)$$

For example, in one limiting multiplicative group G , give the equation $g^x = a$ (7). The solution of discrete logarithm problems is (7) to find any positive integer x that satisfies the equation. If it has a solution, it will have at least one natural solution that does not exceed the order of its group. This solution grossly complicates the estimation of the search algorithm from above.

In most cases, the state $G = \langle g \rangle$ is considered, that is, the cyclic group is considered. In this case, the equation is always the solution. In the case of an arbitrary group, the question arises about the solution of a discrete logarithmic problem.

Example. The discrete logarithm problem is easier to consider by using the module of a Prime number as a subtraction of rings.

Let's give a comparison like this:

$$3^x \equiv 13 \pmod{17}$$

Let's analyze this problem by sorting method. Let's write a table of all powers of the number 3. Each time we accrue the remainder in 17 breakdowns.

Table

Degrees of the number 1.

$3^1 \equiv 3$	$3^2 \equiv 9$	$3^3 \equiv 10$	$3^4 \equiv 13$	$3^5 \equiv 5$	$3^6 \equiv 15$	$3^7 \equiv 11$	$3^8 \equiv 16$
$3^9 \equiv 14$	$3^{10} \equiv 8$	$3^{11} \equiv 7$	$3^{12} \equiv 4$	$3^{13} \equiv 12$	$3^{14} \equiv 2$	$3^{15} \equiv 6$	$3^{16} \equiv 1$

The solution of the comparison we are considering is $x = 4$, since $3^4 \equiv 13$. In practical terms, the module is the largest number, and in this case the sorting method is very slow. Therefore, faster algorithms are likely to be considered. On the solution of the discrete logarithm problem in the limit Abel group and ways to solve J. Buchmann, M. J. Jacobson, and E. Teske.[1] is mentioned in articles. The algorithm uses a table consisting of a pair of elements $O(\langle g \rangle)$ and multiplies $O(\langle g \rangle)$. This algorithm is also very slow and almost not used. Specific groups have their own most effective algorithms.

$$a^x \equiv b \pmod{p} \quad (8)$$

consider the comparison.

Where p is a Prime number and is not divisible by b . If $a \in \mathbb{Z}/p\mathbb{Z}$ is a constructive element of the group, then (8) in any number of b there is a solution to the equation. Such numbers a are called the original roots of equations whose number is $\phi(p-1)$, where ϕ is the Euler function. (8) solve the solution of the equation by the formula:

$$\sum_{i=1}^{p-2} (1-a^i)^{-i} b^i \pmod{p} \quad (9)$$

However, the complexity of calculating this formula depends on the sorting method. The following $O(\sqrt{p} \cdot \log p)$ algorithm has complexity.

Algorithm

1. property $H := \lfloor \sqrt{p} \rfloor + 1$
2. calculation $c = a^H \pmod{p}$
3. $c^u \pmod{p}, 1 \leq u \leq H$ creating and sorting a table of values
4. $b \cdot a^v \pmod{p}, 0 \leq v \leq H$ creating and sorting a table of values
5. find common elements in the table. For them $c^u \equiv b \cdot a^v \pmod{p}$, here $a^{Hu-v} \equiv b \pmod{p}$.
6. conclusion $Hu - v$.

In addition, there are many algorithms for solving discrete logarithm problems minus fields. Shanks' method is one of the first methods that showed that it is possible to solve discrete logarithmization problems faster than the sorting method. Now let us proceed to the description of this method.

$$y = a^x \pmod{p} \quad (10)$$

let's solve the equation.

Step 1. take two integers m and k on which the satisfying inequality $mk > p$.

Step 2. let's calculate two rows of numbers.

$$\begin{aligned} &y, ay, a^2y, \dots, a^{m-1}y \pmod{p} \\ &a^m, a^{2m}, \dots, a^{km} \pmod{p} \end{aligned}$$

All calculations are made using the p module.

Step 3.

$$a^{im} = a^j y \quad (11)$$

find the numbers i and j for which the equation holds.

Concept 2.1

$$x = im - j \quad (12)$$

(12) the number (10) is the solution of the equation. In addition, these are integers i and j that satisfy equation (11).

Evidence. (12) the correctness of the equation comes from the following chain of equations. Every calculation in it is made modulo p , and the divisions are multiplied by the inverse element:

$$a^x = a^{im-j} = \frac{a^{im}}{a^j} = \frac{a^{im}y}{a^j y} = \frac{a^{im}y}{a^{im}} = y \quad (13)$$

Now prove that we have found integers i and j that satisfy equation (11). to do this, we fill in the table with all digits of type (12).

Table 2

Distribution of $im - j$ numbers

$i \downarrow$	$j \rightarrow$	0	1	2	...	$m-1$
1		m	$m-1$	$m-2$	...	1
2		$2m$	$2m-1$	$2m-2$	...	$m+1$
...		...	...	...	...	...
k		km	$km-1$	$km-2$	...	$(k-1)m+1$

From this we see that the table consists of all the digits from 1 to km . That is, the output from $mk > p$ in the table are all numbers from 1 to p . Thus, all indicators $x < p$ are in the table, i.e. you can specify the number x satisfying (12) and find in the table, so the solution to equation (11) will always be. Arithmetic operations of these algorithms have a complexity equal to $O(\exp(c(\log p \log \log p)^d))$. Where C and $0 \leq d < 1$ any risers. The effectiveness of the algorithm depends on the proximity of C to 1 and d to 0.

This is the first sub-exponential discrete logarithm algorithm. In practice, its effectiveness is not sufficient.

In this algorithm, $d = \frac{1}{2}$.

The method of discrete logarithm through digital field meters the best parameters for estimating complexity are currently the following numbers:

$$c = (92 + 26\sqrt{13})^{1/3} / 3 \approx 1.902$$

$$d = 1/3$$

You can improve the result for special types of digits. In some cases, you can create an algorithm to stabilize $c \approx 1.00475$, $d = 2/5$. Such algorithms, depending on the proximity of stability C to 1, can outperform the algorithms in the presence of $d = 1/3$.

REFERENCES:

1. Айерлэнд К., Розен М. «Классическое введение в современную теорию чисел», Москва: Мир-1987.
2. Фомичев В.М. Дискретная математика и криптология. Под ред. д-ра физ.-мат. наук
3. Buchmann J., Jacobson M. J., Teske E. (1997). «On some computational problems in finite abelian groups». *Mathematics of Computation* **66**: 1663-1687. DOI:10.1090/S0025-5718-97-00880-6.
4. Ю. В. Нестеренко Глава 4.8. Дискретное логарифмирование // Введение в криптографию / Под ред. В. В. Ященко. — Питер, 2001. — 288 с. — ISBN 5-318-00443-1
5. Обзор методов вычисления дискретного логарифма (англ.)
6. Нечаев В.И. К вопросу о сложности детерминированного алгоритма для дискретного логарифма // Математические заметки. — 1994. — В. 2. — Т. 55. — С. 91-101.
7. Mollin, R. A. An Introduction to Cryptography. — CRC Press, 2007. — P. 80. — 413 p. — ISBN 1584886188
8. Bauer, F. L. Decrypted Secrets: Methods and Maxims of Cryptology. — Springer, 2007. — P. 25. — 524 p. — ISBN 3540245022
9. Seitmuratov A., Zharmenova B., Dautbayeva A., Bekmuratova A. K., Tulegenova E., Ussenova G. Numerical analysis of the solution of some oscillation problems by the decomposition method // *News of NAS RK. Series of physico-mathematical*. 20191 (323): 28 — 37. ISSN 2518-1726 <https://doi.org/10.32014/2019.2518-1726.4>

PHYSICAL SCIENCES

THERMODYNAMICS OF THE MANIFESTATION OF AGING IN ONTOGENESIS

Gladyshev G.

*Doctor of chemical sciences, professor, Principal scientist
N.N.Semenov Institute of Chemical Physics
Russian Academy of Sciences, Moscow*

Gladysheva E.

*Dr. of medical science, assistant of the
FGBOU VO "The First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov"
Ministry of Health of Russia, Department of Hospital Therapy № 1 and the
Hospital veterans for wars number 1 DZM, Moscow*

ТЕРМОДИНАМИКА ПРОЯВЛЕНИЯ СТАРЕНИЯ В ОНТОГЕНЕЗЕ

Гладышев Г.П.

*Доктор химических наук, профессор, Главный научный сотрудник
Институт химической физики им. Н.Н.Семенова
Российская Академия наук, Москва*

Гладышева Е.Г.

*Кандидат медицинских наук,
ассистент кафедры госпитальной терапии №1
ФГБОУ ВО «Первого Московского государственного медицинского
университета имени И.М. Сеченова» Минздрава России,
ГБУЗ Госпиталь для ветеранов войн № 1 ДЗМ, Москва*

Abstract

The article is devoted to a further detailed description and justification of the thermodynamic model of aging as an ontogenesis aspiration for completion. It is especially noted that moderately high ambient humidity of the environment contributes to an increase in the duration of human life and other living creatures from the standpoint of hierarchical thermodynamics. The authors believe that the presented description of aging allows us to more clearly understand and recognize this complex and multi-stage phenomenon by a wide circle of researchers.

Аннотация

Статья посвящена дальнейшему детальному описанию и обоснованию термодинамической модели старения как стремления онтогенеза к завершению. Особо отмечается, что повышенная влажность окружающей среды способствует увеличению продолжительности жизни человека и других живых существ с позиции иерархической термодинамики. Авторы полагают, что представленное описание старения позволяет более ясно понять и осознать это сложное и многостадийное явление широким кругом исследователей.

Keywords: ontogenesis, aging, thermodynamics, gerontology, geriatrics, cancer, water, humidity.

Ключевые слова: онтогенез, старение, термодинамика, геронтология, гериатрия, рак, вода, влажность.

Epigraph

“One of the principal objects of theoretical research in any department of knowledge is to find the point of view from which the subject appears in its greatest simplicity.”

J. Willard Gibbs

“The properties of living things are the outcome of their chemical and physical composition and configuration.”

Thomas Hunt Morgan

Прежде всего, необходимо осознать, что дать строгое детальное однозначное определение старения с общей единой позиции невозможно, поскольку это сложное многостадийное явление связано с разнообразными иерархическими превращениями в организме. Здесь уместно вспомнить

слова Дмитрия Ивановича Менделеева, что весьма пагубными для науки являются “утопии мечтательности, желающей постичь все одним порывом мысли” [1].

В связи с этим, по-видимому, целесообразно рассматривать старение как проявление развития онтогенеза и стремление его к завершению. Эта точка зрения авторов часто, в принципе, согласуется с высказываниями, представленными в научной и научно-популярной литературе [2,3]. В общем, можно утверждать: «Старение – совокупность изменений в онтогенезе, приводящих к его завершению». С позиции термодинамики старение — это совокупность самопроизвольных процессов, протекающих в организме на фоне инициированных окружающей средой несамопроизвольных превращений внутри этого организма.

Иерархическая термодинамика старения организма в онтогенезе, используя принцип стабильности вещества, проявляется следующим образом [4-11].

Супрамолекулярная термодинамика в соответствии со вторым началом отбирает наиболее стабильные супрамолекулярные структуры, которые накапливаются в тканях (супрамолекулярных жидкокристаллических образованиях, органеллах и клетках) организма. Согласно принципу стабильности вещества, прежде всего, в организме накапливаются энергоемкие вещества - соединения азота (*N*) и фосфора (*P*), а также, в меньшей степени, серы (*S*). Такое сравнительное обогащение тканей энергоемким – малостабильным химическим веществом способствует ускоренному распаду этого вещества в процессе метаболизма. Направленность всех химических реакций (стадий) метаболизма определяется вторым началом термодинамики.

Стабильные продукты метаболизма, обогащенные кислородом, в меньшей степени (по сравнению со структурами, содержащими азот, фосфор, а также серу) участвуют в образовании супрамолекулярных структур и в связи с этим (также в соответствии с принципом стабильности вещества) сравнительно легко выводятся из организма. В конечном результате накопление стабильных супрамолекулярных структур в тканях организма затрудняет отбор химических энергоемких структур. Супрамолекулярные структуры организма становятся жесткими, метаболизм в которых затруднен. Эти жесткие составившиеся структуры содержат сравнительно мало воды и много стабильных органических и неорганических структурных образований. Обмен веществ в организме становится заметно затрудненным и организм погибает. Хорошо известный рисунок 1 иллюстрирует сказанное.



Рисунок 1 Старение человека.

Супрамолекулярная термодинамика – движущая сила изменения химического состава тканей организма.

Как уже указывалось, самопроизвольные стадии онтогенеза (старения) протекают на фоне несамопроизвольных процессов инициируемых в организме воздействиями окружающей среды. Действия окружающей среды, как правило, периодически меняются в адаптивном для жизни организма диапазоне.

Расширенное обобщенное уравнение Гиббса – обобщенное уравнение первого и второго начал

$$dG^* = \sum_i dG_i^* = -\sum_i S_i dT_i + \sum_i V_i dp_i - \sum_i \sum_{k_i} x_{k_i} dX_{k_i} + \sum_i \sum_{k_i} \mu_{k_i} dm_{k_i} \quad \{\displaystyle dG^* = -\sum_i dG_i^* = -\sum_i S_i dT_i + \sum_i V_i dp_i - \sum_i \sum_{k_i} x_{k_i} dX_{k_i} + \sum_i \sum_{k_i} \mu_{k_i} dm_{k_i}\} \quad (1)$$

Здесь *G* - свободная энергия Гиббса; *T* - температура; *S* - энтропия; *V* - объем; *p* - давление; *X* - любая обобщенная сила, кроме давления; *x* - любая обобщенная координата, кроме объема; *μ* - химический (эволюционный) потенциал; *m* - масса *k*-веще-

термодинамики учитывает все изменения в организме, связанные с самопроизвольными в нем превращениями, и несамопроизвольные изменения в этом организме, инициируемых окружающей средой.

В общем случае сложных термодинамических систем (систем, в которых наблюдается не только работа расширения), изменение свободной энергии Гиббса может быть представлено в виде:

ства; работа, выполняемая системой, является отрицательной. Индекс *i* относится к конкретной эволюции, а *k* - *κ* - *μ* компоненту *i* эволюции. Верхний индекс * означает, что рассматривается поведение квазиравновесной квазизакрытой сложной си-

стемы. Вышеупомянутое уравнение является обобщенным уравнением, поскольку в принципе оно учитывает все взаимодействия (внутренние и внешние) всех структур каждого иерархического уровня независимо от масштаба этих взаимодействий. Логично рассматривать это уравнение как уравнение со значительно разделенными параметрами, которые могут эффективно использоваться только в отношении отдельной или смежной иерархий структур. При этом представленное уравнение значительно упрощается в связи с пренебрежимо малыми значениями большинства его отдельных членов. Важно отметить, что упрощенные соотношения, полученные из уравнения (1), используются при изучении тропизмов и во многих физиологических и других исследованиях. Закон временных иерархий впервые обосновал правильность подходов основанных на иерархической термодинамике. Следует также отметить, что представленное уравнение должно содержать члены, которые учитывают взаимодействия между биологическими объектами (например, клетками, организмами и другими структурами), возникающими в результате действий физических полей, происхождение которых связаны с химическими, физико-химическими и физическими процессами в живых системах. Многие из упомянутых взаимодействий, которые часто строго не идентифицируются как «слабые» взаимодействия в живом мире, могут быть отнесены к тропизмам, механизмы которых иногда неясны. Сложность изучения упомянутых «слабых» взаимодействий, как правило, связано с отсутствием

высокочувствительных приборов, которые могли бы измерять эти взаимодействия. Тем не менее, биологические датчики могут обнаружить эти взаимные воздействия биологических объектов. Можно утверждать, что передача «структурной информации» между биологическими молекулами и надмолекулярными структурами организмов не обязательно требует непосредственного тесного контакта взаимодействующих структур (например, при передаче информации, которая наблюдается при контакте нуклеотидов во время образования цепей ДНК или при образовании димеров карбоновых кислот).

Представленная модель онтогенеза, как старения организма, хорошо согласуется с известными многочисленными количественными оценками [4-6]. Она может быть применена ко всем стадиям биологической эволюции иерархических живых структур. Модель может быть рассмотрена в рамках философского дуализма.

Рисунок 2. иллюстрирует изменение удельной свободной энергии (функции) Гиббса образования химических ($\Delta\bar{G}^{ch}$) и супрамолекулярных – межмолекулярных структур ($\Delta\bar{G}^{im}$) в организме в процессе онтогенеза. Представленные закономерности отражают тенденцию изменения упомянутых величин. Заметим, что сопоставление этих величин можно схематически делать в «приведенном - сопоставимом масштабе», как это сделано на рисунке в статье [10].

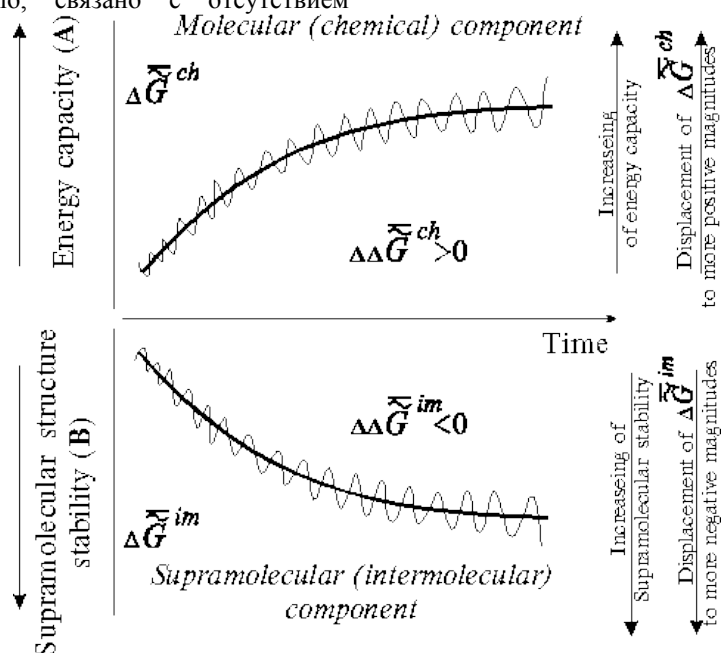


Рисунок 2. Схема изменения удельной химической энергоемкости биосистемы (биоткани организма) **A** и термодинамической стабильности ее надмолекулярных структур. **B** в онтогенезе живых существ. Волнистые линии, сопровождающие кривые изменения удельных свободных энергий Гиббса образования химических ($\Delta\bar{G}^{ch}$) и супрамолекулярных ($\Delta\bar{G}^{im}$) структур, символизируют колебания этих величин в результате периодических воздействий окружающей среды. Шкалы (оси ординат) изменения параметров величин представленных на схеме – рисунке разномасштабные.

Весьма важным является вопрос, связанный с обогащением злокачественных образований (раковых опухолей) водой, что якобы способствует их

омоложению с точки зрения химического состава. Однако причины повышенного содержания воды в молодой нормальной (здоровой) ткани и раковой

ткани различные. Рассмотрим рабочую простейшую модель, которая с позиции иерархической термодинамики (супрамолекулярной термодинамики) объясняет причины этого различия.

Развитие нормальной ткани в онтогенезе протекает по известным механизмам, связанным со считыванием информации с ДНК (РНК). При этом образуются нормальные супрамолекулярные жидкокристаллические структуры [10], содержащие белки и другие компоненты. Старение ткани связано со снижением удельной свободной энергии образования супрамолекулярной структуры, сопровождающимся уменьшением количества воды.

Появление злокачественного образования любого типа, как полагают, обусловлено нарушением основной структуры цепей ДНК, а также с эпигенетическими изменениями в ее двойной спирали. Указанные изменения приводят к синтезу новых

белков, которые не в состоянии участвовать в образовании нормальных регулярных жидкокристаллических структур тканей [10]. Не исключено, что появление сравнительно прочных химических связей в других преобразованных (например, метилированных или ацетилованных) молекулах метаболитов при старении тканей также способствует появлению злокачественных структур. Во всех упомянутых случаях наблюдается определенная аналогия с процессами появления дефектов при кристаллизации неорганических веществ в достаточно неравновесных условиях. Так, формы снежинок, как кристаллов различных популяций, могут меняться при их образовании в несколько различающихся неравновесных условиях. Основными факторами, определяющими формы и дефекты снежинок, являются температура и содержание влаги в атмосфере. Дефекты могут возникать из-за присутствия микрочастиц в атмосфере.



Снежинка в цианакрилатном клее (по Theodore Gray).

В результате упомянутых процессов многие гидрофильные группы и фрагменты белков и других молекул не в состоянии участвовать в образовании нормальной супрамолекулярной структуры ткани. Эти группы и фрагменты взаимодействуют с молекулами воды, что приводит к увеличению ее концентрации в злокачественной (раковой) ткани. Рост и развитие нормальной здоровой ткани становится неконтролируемым генетическим аппаратом организма.

В обоих случаях, нормальной и раковой ткани, действует иерархическая термодинамика [11]. В первом случае (нормальная ткань) количество воды при старении уменьшается. Во втором случае (раковая ткань) количество воды возрастает. Нормальные ткани становятся жесткими в онтогенезе, что затрудняет обмен веществ. Тогда как злокачественные ткани, независимо от типа рака, становятся более мягкими (эластичными) при их развитии, что способствует метаболизму.

Растворимость белков (определяемая их взаимодействием с растворителем - водой физиологических жидкостей) зависит от их природы и pH среды

[12]. Изменение pH может способствовать как агрегации (кристаллизации), так и увеличению растворимости белков в физиологических жидкостях организма. Поэтому при воздействии на онкологические новообразования существенное значение имеет, какие аминокислотные остатки (основные или кислые) преобладают в составе белков и пептидов, синтезируемых в конкретных раковых клетках. Это обстоятельство должно позволять назначать щелочные или кислые препараты (а также диеты) при лечении раковых больных [13].

Термодинамика позволяет сделать еще один вывод, хорошо согласующийся с наблюдениями: условия проживания (окружающая среда) должны существенно влиять на продолжительность здоровой жизни человека и животных. Здесь, прежде всего, надо упомянуть влажность воздуха, количество кислорода и присутствие вредных веществ в атмосфере. Сравнительно высокая концентрация воды в атмосфере, как и молодые (онтогенетически и филогенетически) продукты питания, несомненно, способствует продолжительности жизни. Это явление мы наблюдаем в голубых зонах проживания людей (Рисунок 3).



Рис. 3. Голубые зоны проживания долгожителей
Рисунок из интернета

Хорошо известно, что влажность при комфортной температуре способствует комфортности проживания и здоровью человека. Поэтому многие люди устанавливают увлажнители атмосферы или сосуды с водой в жилых помещениях.

С другой стороны, повышенная влажность должна способствовать развитию раковых заболеваний, что снижает продолжительность жизни организма. Однако этот эффект, как можно полагать, обычно несколько меньший, по сравнению с эффектом увеличения продолжительности жизни человека вследствие увеличения влажности атмосферы.

Сделанное заключение о пользе повышенной влажности воздуха с позиции термодинамической теории согласуется с известными (также обосновываемыми термодинамикой) рекомендациями, касающимися обильного питья чистой воды при отсутствии медицинских противопоказаний. Кроме того, термодинамическая модель старения согласуется с рекомендациями употреблять в преклонном возрасте только желеобразную пищу, исключив из рациона твердую пищу, а также отдавать предпочтение использованию онтогенетически и филогенетически молодых продуктов питания.

Таким образом, с позиции термодинамики можно объяснить многие изменения, проявляющиеся в результате старения в онтогенезе, что позволяет давать важные медицинские рекомендации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Менделеев Д. Основы химии. Предисловие, стр. XXV. 8-е изд., вновь исп. и доп. СПб. Типо-литография М.П. Фроловой, 1906.
2. Анисимов В.Н. Молекулярные и физиологические механизмы старения: В 2 т. — 2-е изд., переработанное и дополненное. — СПб. Наука, 2008. — Т.1. — 481 с. — Т.2. — 434 с
3. Новоселов В.М. Хочу жить дольше: Записки геронтолога: Издательские решения, 2019, 232 с. ISBN: 9785005068330.

4. Gladyshev Georgi P., On the Thermodynamics of Biological Evolution, Journal of Theoretical Biology, Vol. 75, Issue 4, Dec 21, 1978, pp. 425-441 (Preprint, Chernogolovka, Institute of Chem. Phys. Academy of Science of USSR, May, 1977, p. 46, на английском и русском).

5. Gladyshev G.P., Thermodynamics Theory of the Evolution of Living Beings, Commack, New York: Nova Science Publishers, Inc., 1997. 142 P. In Russian: Гладышев Г.П., Термодинамическая теория эволюции живых существ, М.: "Луч", 1996.-86с. ISBN 5-7005-0545-2 (пер.) <http://creatacad.org/?id=58&lng=eng>

6. <http://www.statemaster.com/encyclopedia/History-of-thermodynamics>

7. Гладышев Г.П. Супрамолекулярная термодинамика — Ключ к осознанию явления жизни. Что такое жизнь с точки зрения физико-химика. Издание второе — М. — Ижевск. ISBN: 59397-21982. 2003.

8. Gladyshev G.P. On General Physical Principles of Biological Evolution, International Journal of Research Studies in Biosciences. 2017, Volume 5, Issue 3, Page No: 5-10. <https://www.arcjournals.org/pdfs/ijrsb/v5-i3/2.pdf>

9. Gladyshev G.P., Thermodynamics of the origin of life, evolution, and aging, International Journal of Natural Science and Reviews. 2017. pp. 2-7. <http://escipub.com/ijnsr-2018-01-1001/>

10. Gladyshev G., Gladysheva E., On the chemical composition and geroprotective properties of food and metabolites. Norwegian Journal of development of the International Science ISSN 3453-9875 VOL.1, p.5.http://www.njd-iscience.com/wp-content/uploads/2018/03/NJD_16_1.pdf

11. Gladyshev G.P., Hierarchical thermodynamics presents model of evolution of live world. Norwegian Journal of development of the International Science, №28/2019, Vol. 2, pp. 50-57. ISSN 3453-9875. http://www.njd-iscience.com/wp-content/uploads/2019/03/NJD_28_2.pdf

12. Иерархическая термодинамика. https://en.everybodywiki.com/Hierarchical_thermodynamics

13. Альбертс Б., Брей Д., Льюис Дж. и др. Молекулярная биология клетки. В 3 томах. — М.: Мир, 1994.

http://biology.org.ua/files/lib/Alberts_et_al_vol1.pdf ; <https://biokhimija.ru/belki/svoystva-belkov.html>

14. Guanyu Hao, Zhi Ping Xu and Li Li, Manipulating extracellular tumour pH: an effective target for cancer therapy. RSC Adv. 2018, 8, 22182-22192. DOI: 10.1039 / C8RA02095G.

IMPROVING THE QUALITY OF ELECTRICITY OF A METALLURGICAL ENTERPRISE BY BALANCING THE INDUCTION LOAD

Tyapin A.

*Postgraduate student, Siberian Federal University
Krasnoyarsk, Russia*

Kinev E.

*Candidate of technical sciences, Director Thermal Electric Systems LLC
Krasnoyarsk, Russia*

Abstract

The article discusses the features of balancing the regime of a powerful two-phase induction equipment, as a means of improving the quality of electricity. Asymmetrical loading of a three-phase network worsens the power consumption mode and increases losses. When balancing in two phases, in conditions of compensation of the reactive power of the inductors, adjustable capacitive and inductive balancing elements are used. To calculate the changing load mode, a circuit model is constructed in the basis of controlled sources and a modified nodal analysis. The study of current consumption by phases was carried out by circuit simulation, using optimization and building vector diagrams of currents. In practice, in order to increase energy efficiency, it is recommended that the micro-controller mode control system be tuned according to the regulation characteristics.

Keywords: balancing device, induction load, power quality, steady mode, automatic control, vector diagrams, hybrid analysis, mathematical modeling.

Introduction. Powerful unbalanced load dramatically affects the quality of electricity in a three-phase network. At the same time, one of the factors complicating the use of induction heating can be considered the complexity of controlling the electrical modes of power supply systems and induction equipment when using asymmetric power consumers.

The fact is that the power supply of relatively powerful induction devices (ID) is often performed asymmetrically. It happens that their three-phase symmetrical design is either impossible for structural or technological reasons, or impractical for technical and economic indicators. The power of induction devices can range from hundreds of kilowatts to tens of megawatts. At the same time, the voltage in the windings does not exceed the level of standard values for plants distribution networks. Therefore, currents in linear or phase wires reach thousands of amperes. The connection of such powerful loads to a three-phase network causes a long asymmetric mode in currents and voltages, usually characterized by negative sequence currents [1]. The asymmetry of the power supply network sharply worsens the working conditions of electric machines and other equipment, up to accidents, causes additional losses, reduces the wire throughput [2].

In conditions of complete obviousness of the operating modes of the ID, in fear of a deterioration in the quality of the voltage, enterprises often switch from induction to gas heating. Despite the obvious harm to the environment, as well as the high cost of natural gas, gas heating technology has gained some popularity [3]. This is often due to a lack of necessary equipment and

staff qualifications. Often, the feasibility study of decisions taken is carried out without taking into account the components of the compensation for harm from gas burning and the component of energy saving from the use of high-tech control systems [4]. The feasibility study of the decisions made should be solved after overcoming the difficulties in applying effective and accurate calculation methods, as well as building flexible and accurate control systems for the electric modes of inductors.

Formulation of the problem. The article proposes an approach to the analysis and modeling of asymmetric modes of inductors according to three-line circuit diagrams, without using the method of symmetrical components and generalizing the characteristics [1, 2, 5].

The indicated approach to simulations requires detailing the presentation of rather large circuits, including cable sections of the distribution network, power transformers, induction devices, booster transformers, inductors, capacitor banks, frequency converters and other equipment. You may notice that the construction of such a system leads to the creation of models of enormous size, but the capabilities of modern computing tools allow us to solve such problems [6, 7]. Some difficulties of the indicated approach lie in creating a complex of correct, convenient models. Models should have a well-known algorithm of work in a single language space of a circuit simulator [7, 8]. Due to the cumbersomeness of the mathematical description, the symmetry of only a two-phase induction device is shown below and only some results are presented [9, 10].

Solution. The overall level of development of modern modeling systems in electrical engineering and electrical technology, in comparison with the past, seems very high [11, 12]. Improving software in the field of modeling at the turn of 2020 is associated with improving the quality of the interface, since computational methods and algorithms have achieved tremendous efficiency [7]. Specialized software has also reached a high level [6, 12]. However, unresolved applied problems remained in narrow areas [13].

To overcome some difficulties in a detailed representation of asymmetric induction equipment, the author's software was used in the work, which can be replaced by a modern, advanced circuitry simulator. An example of a general view of a single-phase inductor

for heating aluminum ingots is shown in Fig. 1. According to technological requirements, a pair of inductors can be included in the distribution network. When connected to different phases, the induction load becomes two-phase and, in order to equalize the currents consumed by the installation in three phases, usually resort to the mode balancing procedure [14, 15].

A sharp difference in the consumed currents by phases leads to a voltage distortion that significantly exceeds the limits established by GOST and worsens the operating modes of the rest of the workshop equipment [16]. With significant unit capacities of inductors, it is difficult to overestimate the importance of balancing an asymmetric load, and the uniformity of the distribution of power of inductors into three phases acquires special relevance.



Fig. 1 Inductors for aluminum extrusion

Power balancing devices usually include special balancing devices (BD) based on static capacitor banks, electromagnetic chokes, frequency inverters and other electronic modules, as well as setting up the power supply system of inductors in a mode close to current resonance [2, 9].

The scheme for including a two-phase induction load in a three-phase distribution network is shown in Fig. 2. Inductors ID1, ID2 are connected between the phases AB and BC and are shunted by the bat1, bat2 capacitor banks. To account for losses in the capacitance, the inclusion of resistors in the model circuit is provided.

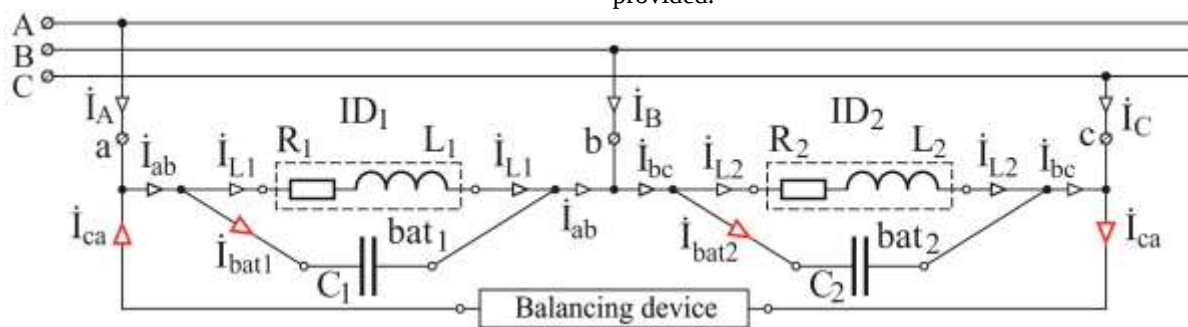


Fig. 2 Diagram of a two-phase ID with a balancing element

An inductance or capacitance is used as the balancing devices. Naturally, both balancing elements must be able to regulate, therefore, bends are provided in the throttle. Due to lower losses, the use of a capacitor bank is preferred.

The purpose of the elements C1 and C2 in the local compensation of the reactive power of each inductor by transferring the induction device to a mode close to the resonance of the currents. To adjust the parameters of the device in the course of changing the load mode, an automated control system (ACS) is used. To create an algorithm for the automation, control curves are used that take into account the nature and depth of the load change. In addition to the condition of symmetry of

phase currents, the calculation of the regime in the article is complicated by the technological requirement for the power of inductors. In the calculations, a twofold increase in the current in one of the inductors, relative to the other, should be ensured.

The impedance and reactance of the investigated inductor are equal to $r_{id} = 0.039 \text{ Ohm}$; $x_{id} = 0.174 \text{ Ohm}$ (with $L1 = 5.539 \cdot 10^{-4} \text{ H}$). Natural power factor $\cos \varphi_n = 0.219$; the current in the inductor has a value of $I_{id} = 2130 \text{ A}$. The active power consumed by the inductor is equal to $P_{id} = 177 \text{ kW}$. For the resonance mode at $\cos \varphi_{id} = 1$, the capacitance of the capacitor bank of the compensating device ($C1 = 16183 \text{ } \mu\text{F}$) was determined

at the beginning of heating at a temperature $T = 20^\circ\text{C}$ and the steady-state mode was calculated.

It is possible to recall the condition of resonance of currents in parallel branches (Fig. 2) and show the

$$\text{Im}[\underline{Y}_{\Sigma 1}] = \text{Im}[\underline{Y}_{\Sigma 2}],$$

Estimated characteristics are easier to obtain by circuit simulation using controlled models. The results should be taken into account when analyzing the mode of balancing, as well as when describing the sequence of operations in the executable algorithm of the control controller.

The curves of changes in the operating parameters of the ID are shown in Fig. 3 and 4. When changing the depth of load control λ [2, 17], the curves shown in Fig.

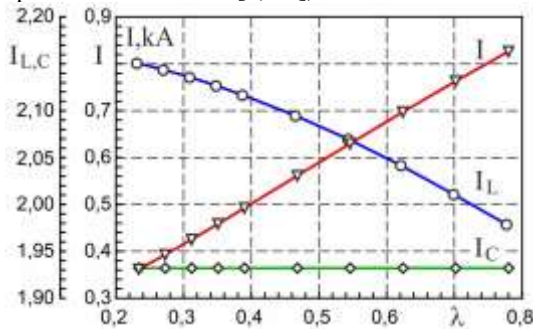


Fig. 3 Adjustment characteristics

The unbranched section current is denoted by $I(\lambda, C)$, the inductor current is denoted by $I_L(\lambda, C)$, and the capacitor bank current is $I_C(\lambda, C)$. It should be noted that taking into account the increase in the temperature of the equipment, a change in operating parameters is noticeable. For example, taking into account the non-ideal reactivity leads to some inequality of the current modules of the inductor and capacitor bank (Fig. 4). In practice, there are fluctuations in the voltage of the network, so the discrepancy between the parameters can be even more significant, and the balancing procedure can slightly move the inductor mode from the resonance of the currents, so the control device must accordingly process the dynamics of the process. In the

resonance characteristics during adjustment and load changes in the parameters of the elements.

$$C_1 \omega = \frac{L_1 \omega}{R_1^2 + (L_1 \omega)^2}. \quad (1)$$

3. It should be noted that the practical range of parameters during heating is relatively small, since the inductor current varies by 8-10 %. The curves shown in Fig. 4, correspond to capacity regulation. Taking into account the internal resistance of the bat_{1,2} for each inductor, the intrinsic resonance shifts (Fig. 4) with some increase in the capacity of the compensating battery up to 16.2 mF.

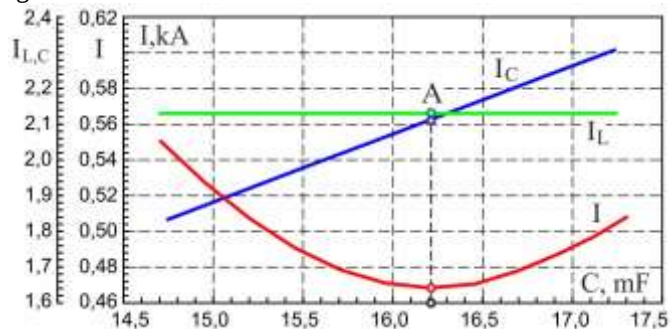


Fig. 4 Resonance curves

algorithm of the control system, some inertia and a region of insensitivity to changes in operational characteristics should be provided. Additional information for describing the balancing procedure is obtained from the vector diagrams (Fig. 7, 8) of the settings of the operating parameters that are generated by the results of mathematical modeling.

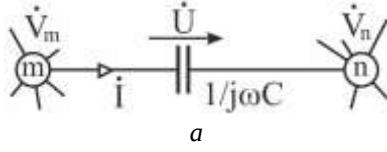
As the main calculation method, a modified nodal analysis has been programmed in the software environment for mathematical modeling of induction devices [7, 10, 16]. A generalized expression of a computational method converted to a symbolic region is given below:

$$\begin{bmatrix} \underline{Y}_{11} & \dots \\ \dots & \underline{Y}_{kk} \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{B}_{kk+1} & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \dot{V}_{1Y} \\ \dots \\ \dot{V}_{kY} \\ \dots \\ \dot{I}_{1Z} \\ \dots \\ \dot{I}_{nZ} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \end{bmatrix} \quad (2)$$

We can briefly dwell on the structure of the elemental basis used to generate circuit models processed by nodal analysis. Most modern circuitry simulators built using a computing core based on modified nodal analysis use a similar basis [11]. Unlike simulators, the

software described here provides direct access to the textual description of the models generated in the ASCII code, by analogy with the Ansys modeling system model files, and to the numerical results of machine analysis.

A simplified mathematical formalization of the elemental basis used in constructing circuit models and modeling is presented below. The description of the idealized capacitive element (Fig. 5, a) is formed in the form of a matrix and presented, either in the time or in the frequency domain, in the form of a symbolic image.



The capacitive element is denoted by the Latin letter C. A schematic image of the element C with the numbering of the connection nodes is shown in Fig. 6 a. The schematic image of the element L with shown in Fig. 6 b.

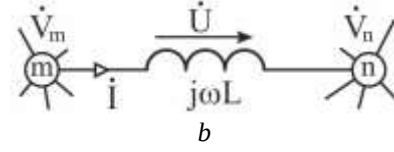


Fig. 5 Elemental basis of mathematical models

When forming a system of modified nodal equations manually, one should use the capacitance element

$$V_m(t) - V_n(t) - \frac{1}{C} \int i_C(t) dt = 0, \quad -V_m(t) + V_n(t) + \frac{1}{C} \int i_C(t) dt = 0. \quad (4)$$

$$\begin{matrix} & m & n & i_C \\ \begin{matrix} m \\ n \\ i_C \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & \frac{1}{C} \int dt \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} V_m(t) \\ V_n(t) \\ i_C(t) \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (4)$$

In complex form, the component equations are written similarly

$$\dot{U}_C = \dot{V}_m - \dot{V}_n = -j \frac{1}{\omega C} \dot{I}_C \quad \text{или} \quad -\dot{V}_m + \dot{V}_n - j \frac{1}{\omega C} \cdot \dot{I}_C = 0. \quad (5)$$

Corresponding matrix expressions describing reactive elements in the computational space have dimensions of the second and higher order

$$\begin{matrix} & m & n \\ \begin{matrix} m \\ n \end{matrix} & \begin{bmatrix} j\omega C & -j\omega C \\ -j\omega C & j\omega C \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} \dot{V}_m \\ \dot{V}_n \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad \text{или} \quad \begin{matrix} & m & n & \dot{I}_C \\ \begin{matrix} m \\ n \\ \dot{I}_C \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & -j \frac{1}{\omega C} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} \dot{V}_m \\ \dot{V}_n \\ \dot{I}_C \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (6)$$

For the mathematical model of a capacitive element, it can be represented both in the form of a Z-branch (resistance $-1/j\omega C$) and in the form of a Y-branch (conductivity $j\omega C$).

For modified nodal equations, inductive element dies for Y- and Z-branches are also formed on the basis of component equations.

$$V_m(t) - V_n(t) - L \frac{d}{dt} \cdot i_L(t) = 0, \quad -V_m(t) + V_n(t) + L \frac{d}{dt} \cdot i_L(t) = 0. \quad (7)$$

Bringing the equation into a matrix generalized expression, we obtain a universal stamp suitable for conversion to a hybrid calculation method

$$\begin{matrix} & m & n & i_L \\ \begin{matrix} m \\ n \\ i_L \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & L \frac{d}{dt} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} V_m(t) \\ V_n(t) \\ i_L(t) \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (8)$$

Quite similarly to capacitance, component equations can be formulated in complex form:

$$\dot{U}_L = \dot{V}_m - \dot{V}_n = j\omega L \cdot \dot{I}_L \quad \text{или} \quad -\dot{V}_m + \dot{V}_n + j\omega L \cdot \dot{I}_L = 0. \quad (9)$$

And, accordingly, get a matrix expression for reactivity

$$\begin{matrix} m \\ n \end{matrix} \begin{bmatrix} -j\frac{1}{\omega L} & j\frac{1}{\omega L} \\ j\frac{1}{\omega L} & -j\frac{1}{\omega L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{V}_m \\ \dot{V}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ или } \begin{matrix} m \\ n \\ \dot{I}_L \end{matrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & j\omega L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{V}_m \\ \dot{V}_n \\ \dot{I}_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}. \quad (10)$$

For the mathematical model of inductance, it is possible to represent both in the form of a Z-branch (resistance $j\omega L$) and in the form of a Y-branch (conductivity $-1/j\omega L$). The list of bipolar, three-pole, four-pole circuit elements, models and macromodels in the language basis is described in the literature [8, 11, 18] and is integrated into the software structure. The presented matrix expressions have no special features and are automatically integrated into the general description of the circuit model generated by performing computational procedures.

It can be noted that behind each passive element there is a second or third order model, and a fifth and higher order model corresponds to each controlled source, so the order of the resulting system of equations is very high. However, for machine analysis methods, the dimension of systems of equations is not critical. The circuit model of the induction installation according to Fig. 2 is shown in fig. 6.

In the circuit model (Fig. 6), designs of controlled sources are used to diagnose operational parameters in the steady state, as well as in transition mode, in the analysis of dynamics and phase characteristics. In the same model, if necessary, study the frequency characteristics. Application of the described mathematical support of calculations allows one to obtain numerical arrays of solutions for a set of steady-state modes of induction devices. Despite the linear nature of the analysis problem, to obtain a symmetric distribution of the currents I_1, I_2, I_3 in phases, for a given ratio of 1/2, the currents of the inductors L_4 and L_5 (Fig. 6) have to use an iterative calculation.

The number of design options is significant and the approximation to the desired result is performed using the optimization procedure. For two variants of the initial conditions ($I_{L4} = 2I_{L5}, 2I_{L4} = I_{L5}$), two source data files are generated from the model of a two-phase induction installation (Fig. 6).

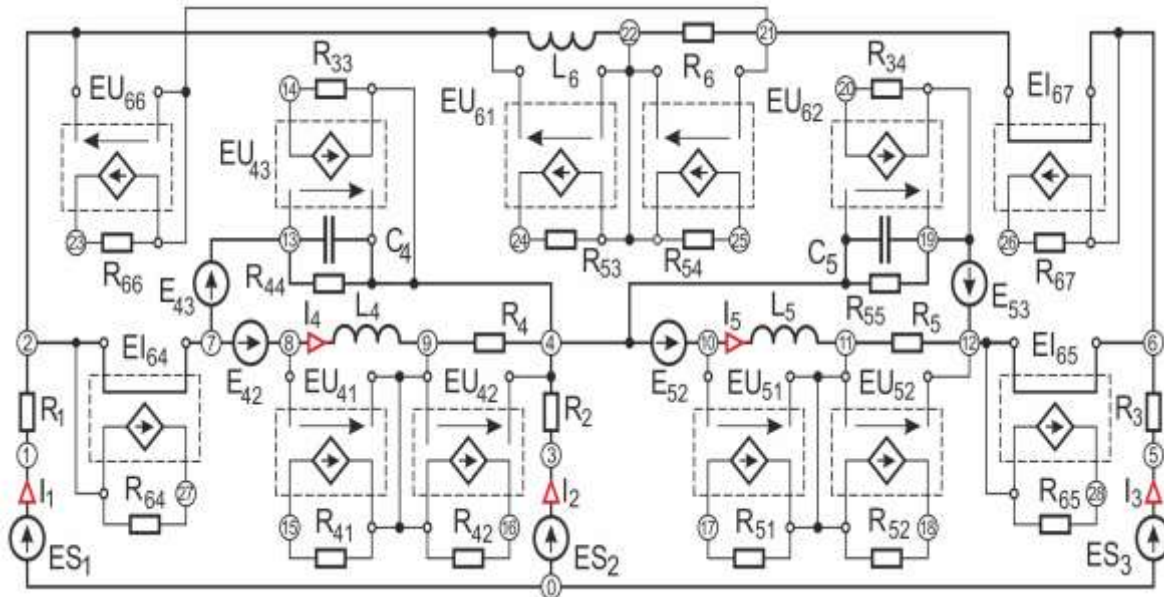


Fig. 6 Simplified diagram of a two-phase ID model with a balancing inductor

The procedure for solving the circuit optimization problem using executable modules of the application software package [11, 12] can be characterized by the following sequence of manipulations. In the English-language directory of the root directory, group executable, service, command modules, as well as the necessary libraries. In the circuit modeling module, a modified nodal analysis method is programmed based on topological and component equations using sparse matrix densification subsystems, as well as a state variable method for several implicit methods of numerical integration [8].

A genetic algorithm with local search is programmed in the optimization module [25, 27, 28]. A

text file with a description of the model is formed in the ASCII code [19]. The control program is built to solve the problem in several stages. Start of the control module, launches the computing project and imports the model. The analysis module performs the calculation of the i -stage and generates a file with the results of the calculations. File markup allows you to cyclically write and read the results of subsequent steps. At each stage, the results are evaluated in the optimization module, where a new evolutionary calculation task is formed, and the result file is kept open during the entire computing session. The criterion for completing the optimization is the fulfillment of the given condition for the equality of the symmetrized currents $[I(ES_1) = I(ES_2) =$

I(ES₃) according to the model (Fig. 6) and the current distribution between the inductors L₄ and L₅ (I₁ and I₂ given by the proportion 1/2))

The results of the optimization calculation of the regime of a two-phase induction installation with a balancing choke in the final version are unloaded in a table

form. The results of the calculation of the first productive stage are presented in the form of a vector diagram in Fig. 7. The calculation was performed according to the model (Fig. 6).

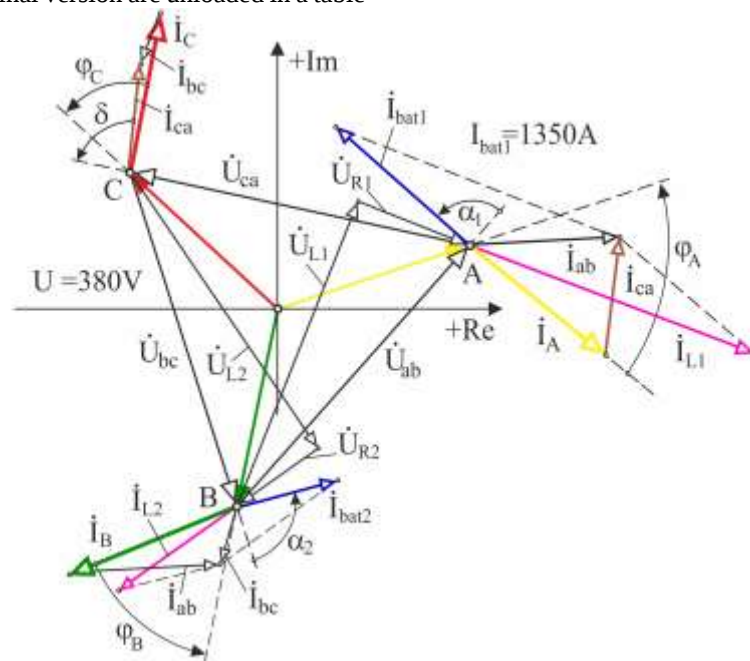


Fig. 7 Vector diagram (VD) of a two-phase ID with a balancing choke

A brief description of the generated vector diagram for the obtained symmetric mode of the two-phase induction installation is presented below.

When using inductive BD, a lagging angle δ of current I_{ca} is obtained, relative to voltage U_{ca} , close to $-\pi/2$. Own losses in the inductor determine the degree of difference of the current angle from 90 degrees. And the losses in compensating capacities determine the difference between the angles α_1, α_2 of the currents of the bat₁, bat₂ from 90 degrees. The diagram is constructed in such a way that in each of the vertices of the symmetrical triangle of linear stresses there are corresponding vector expressions of the Kirchhoff law for the node. The reliability of the mode balancing, with different compensation of the reactive power of the inductors, can be easily checked according to the first Kirchhoff law for any node of the initial circuit (Fig. 2).

The equivalent symmetric mode is characterized by the same phase consumption ($I_A = I_B = I_C$) with a lagging power factor ($\varphi_A = \varphi_B = \varphi_C \approx \pi/3$). The load of two inductors during balancing by the choke in the obtained version is distributed asymmetrically. In the shown in fig. 2 sequences of switching on the inductors ID1 and ID2, the power of the first inductor (element L₄ in Fig. 6) is twice the power of the second L₅. The

numerical values of the operating parameters are formed in the tables and are also shown in the vector diagram (Fig. 7). According to the VD, the power of the first inductor can be approximately estimated at 0.8 MVA.

It can be noted that the disadvantage of the obtained symmetrical ID mode is the relatively large inductive currents consumed in phases. This corresponds to a relatively small value of the power factor $\cos \varphi = 0.5$ of the induction installation, requiring additional compensation. Nevertheless, the goal of balancing the ID during machine search is achieved. With the corresponding replacement of the description of the inductive balancing element L6 in the model (Fig. 6) with the capacitive C6, a new source data file is formed and the next stage of the computational project is executed. The results of the optimization calculation of the two-phase ID mode with a balancing capacitor bank are presented in the form of a vector diagram in Fig. 8.

The vector diagram is generated according to the scheme of a two-phase induction installation shown in Fig. 2 using the expression of the first Kirchhoff law for nodes. The current of the balancing element connected between phases A and C is designated I_{ca} .

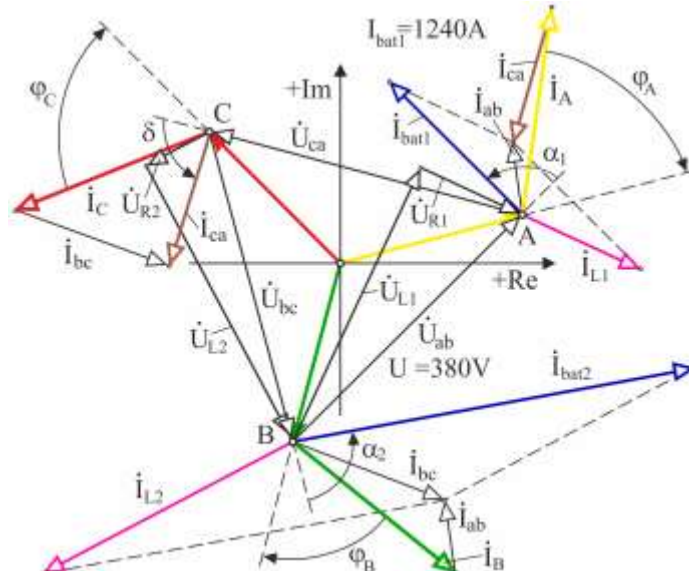


Fig. 8 Vector diagram of a two-phase ID with balancing capacity

For a capacitive balancing device (bat), currents in phases acquire a leading angle δ of current I_{ca} , relative to voltage U_{ca} , close to $+\pi/2$. The supporting vectors for constructing the VD are the reactance currents I_{bat1} and I_{bat2} . They also have close to $+90$ degrees, ahead of the angles α_1 and α_2 . The angles are fixed relative to the linear voltages U_{ab} and U_{bc} .

Judging by the diagram, the equivalent symmetric mode of the modified version of the circuit (Fig. 2) is also characterized by the same phase consumption ($I_A = I_B = I_C$), but with a capacitive power factor ($\varphi_A = \varphi_B = \varphi_C$) of a relatively small value (~ 0.5). Thus, a symmetric distribution of currents in phases during the optimization search is achieved. When balancing the inductors in a three-phase network with a capacity, the load of two inductors is also distributed asymmetrically. As shown in fig. 2 sequences of switching on the inductors ID1 and ID2 the power of the first inductor (Fig. 8) is twice as low as the power of the second.

The reliability of the mode balancing, with different compensation of the reactive power of the inductors, can be easily checked according to the first Kirchhoff law for any node of the initial circuit (Fig. 2).

$$\dot{I}_{ab} - \dot{I}_{L1} - \dot{I}_{BK1} = 0, \quad \dot{I}_{bc} - \dot{I}_{L2} - \dot{I}_{BK2} = 0,$$

$$\begin{aligned} \dot{I}_A + \dot{I}_{ca} - \dot{I}_{ab} &= 0, \quad \dot{I}_C + \dot{I}_{bc} - \dot{I}_{ca} = 0, \\ \dot{I}_B + \dot{I}_{ab} - \dot{I}_{bc} &= 0. \end{aligned}$$

It should be noted that even in the presence of perfect modeling systems and multivariate calculations, it is not possible to detect a regime with a symmetric current distribution in the circuit of a complex multicomponent two-phase installation without using the optimization search procedure. Therefore, when building a real-time ACS, you should use the appropriate software modules for calculating the model mode and optimization. Another possible solution may be the approach to programming the microcontroller for a specific circuit model of the ID and the chosen optimization method.

Conclusion. The article discusses the means of balancing the regime of two-phase induction equipment, designed to improve the quality of electricity in the network. With asymmetric loading of a three-phase power supply system in two phases, adjustable reactive elements are used for balancing. In contrast to the practice of calculating the generalized parameters of the system and symmetrical components, when modeling and tuning the microcontroller control system of the local installation, it is proposed to use the current operational characteristics of regulation. A schematic model is constructed in the basis of a modified nodal analysis. To reduce the complexity of solving the problem, balancing the current consumption in phases was performed by circuit simulation, using optimization and building vector diagrams. The use of simulation and optimization software allows you to calculate the symmetrical modes of other induction plants with an arbitrary nature of the load distribution between the inductors, for varying degrees of reactive power compensation.

REFERENCES:

1. Kinev E. S., Tyapin A. A., Yefimov S.N. [Assessment of the asymmetry of the induction machine with the parameters of symmetrical components] Bulletin of the Voronezh State Technical University. 2018. T. 14, No. 6, pp. 68-79. (in Russ.)
2. Gitgarts D.A., Mnukhin L. A. Simmetriyushchie ustroystva dlya odnofaznykh elektrotermicheskikh ustanovok. [Balancing devices for single-phase electrothermal installations]. Moscow: Energy Publishing House, 1974. 120 p. (in Russ.)
3. Althausen A.P. Elektrooborudovanie i avtomatika elektrotermicheskikh ustanovok. [Electrical equipment and automation of electrothermal installations: Reference]. Moscow: Energy Publishing House, 1978. – 304 p. (in Russ.)
4. Fomin N.I., Zatulovsky L.M. Elektricheskie pechi i ustanovki induktsionnogo nagreva. [Electric furnaces and induction heating plants]. Moscow: Metallurgy Publishing House, 1978. – 304 p. (in Russ.)

5. Steinmetz C.P. Theory and calculation of electric circuits. – New York, 1917. – 361 p.
6. Bartenev O.V. Sovremennyy Fortran. [Modern Fortran]. Moscow: DIALOG-MEPI Publishing House, 2000. 449 p. (in Russ.)
7. Morozov, E.A. Muzemnek A.Yu., Shadsky A.S. ANSYS v rukakh inzhenera. [ANSYS in the engineer's hands]. Moscow: Lenand Publishing House, 2018. 456 p. (in Russ.)
8. Chua L. O., Desoer C., Kuh E. Linear and nonlinear circuits / McGraw-Hill, New York. 1987. – 839 p. ISBN 0-07-010898-6.
9. Sidorov S. A. Reguliruemoe simmetriyushchee ustroystvo s induktivnym nakopitel'nyim elementom. [Adjustable balancing device with inductive storage element]. Abstract of the dissertation of the candidate of technical sciences 05.09.03. Ufa, 2015. 18 p. (in Russ.)
10. Tyapin A., Kinev E. The magnetic field of a multi-phase induction device with switching windings from a triangle to a star. Norwegian Journal of development of the International Science. Oslo, 2019, No 29. Vol. 1. pp. 45 – 52. ISSN 3453-9875.
11. Chua, L. O., Pen-Min Ling. Mashinnyy analiz elektronnykh skhem: Algoritmy i vychislitel'nye metody. [Machine analysis of electronic circuits: Algorithms and computational methods]. Moscow: «Energy» Publishing House, 1980. 640 p.
12. Tyapin A.A., Kinev E.S. Topological approach to the assessment of electromagnetic asymmetry of the MHD machine. Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal). Warsaw, Poland. 2019, No 2(42), part 1, pp. 40-47.
13. Novoselov N.A. Sovershenstvovanie metodik rascheta pokazateley kachestva elektroenergii v sistemakh elektrosnabzheniya s dugovymi staleplavil'nymi pechami maloy moshchnosti. [Improving the methods for calculating the quality indicators of electricity in power supply systems with low-power arc steel-smelting furnaces]. Abstract of the dissertation of the candidate of technical sciences 05.09.03. Magnitogorsk, 2012. 22 p. (in Russ.)
14. Shidlovsky A.K., Novsky V.A., Kaplychny N.N. Stabilizatsiya parametrov elektricheskoy energii v elektricheskikh setyakh. [Stabilization of electric energy parameters in electric networks]. Kiev: Naukova Dumka Publishing House, 1989. 312 p. (in Russ.)
15. Shidlovsky A.K., Kuznetsov V.G. Povyshenie kachestva elektricheskoy energii v raspredelitel'nykh setyakh s nesimmetrichnymi nagruzkami. [Improving the quality of electric energy in distribution networks with asymmetric loads]. Collection of scientific papers: Problems of technical electrodynamics. Issue 59. Kiev: Naukova Dumka Publishing House, 1976. 312 p. (in Russ.)
16. GOST 13109-67. Electric Energy. Electromagnetic compatibility. Quality standards for electric energy in general power supply systems. Moscow: Standards Publishing. 1999, 2006. 32 c.
17. Sukhotsky, A. E. V. S. Nemkov, N. A. Pavlov, A. V. Bamuner. Ustanovki induktsionnogo nagreva. [Induction heating devices]. Leningrad: Energoizdat Publishing House, 1981. 328 p. (in Russ.)
18. Tyapin A.A., Kinev E.S. Four-zone linear induction machine with two-phase power. Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. Vienna, 2019, March-April, No3-4, pp. 38-44. ISSN 2310-5607.
19. Tyapin A. A., Kinev E. S., Bezhitsky S. S. Approach to optimization of the magnetic circuit of a three-phase induction plant. Siberian Journal of Science and Technology. Krasnoyarsk, 2019, Vol. 20, No. 3, P. 398–408. Doi: 10.31772/2587-6066-2019-20-3-398-408.

AUTOWAVES IN HIGH ENTROPY COATINGS CuTiZrCrNi

Yurov V.

*Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,
Karaganda State University named after E.A.Buketov,
Karaganda, Kazakhstan*

Shelpyakov B.

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Karaganda State University named after E.A.Buketov
Karaganda, Kazakhstan*

Guchenko S.

*PhD student, Karaganda State University named after E.A.Buketov
Karaganda, Kazakhstan*

Twardovsky A.

Engineer, Karaganda State University named after E.A.Buketov

АВТОВОЛНЫ В ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ ПОКРЫТИЯХ CuTiZrCrNi**Юров В.М.***кандидат физико-математических наук, доцент,
Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова,
Караганда, Казахстан***Шельпяков Б.Н.***кандидат технических наук, доцент
Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова***Гученко С.А.***докторант PhD,
Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова,***Твардовский А.Н.***инженер,
Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова***Abstract**

The deposition of coatings in a plasma is a thermodynamically nonequilibrium process in an open system. From the results of the experiment it can be seen that the wavelength is about 10^{-4} m, i.e. mass transfer rate is $\sim 10^{-4}$ m/s. Since the mass transfer rate, for the diffusion coefficient we obtain the estimate $D \sim 10^{-8}$ m²/s. This corresponds to the mode of low diffusion. The experimental results obtained in the work fit into the model of macroscopic localization of plastic flow. This model shows that the localization of plastic flow in metals and alloys has a pronounced wave character.

Our theory of crystallization of a cylinder of finite dimensions relates to problems with a moving phase boundary. The movement of the phase boundary leads to a nonlinearity of the system of equations, which leads to the appearance of autowaves.

Аннотация

Осаждение покрытий в плазме представляет собой термодинамически неравновесный процесс в открытой системе. Из результатов эксперимента видно, что длина волны составляет порядка 10^{-4} м, т.е. скорость массопереноса составляет $\sim 10^{-4}$ м/с. Поскольку скорость массопереноса $V \approx \sqrt{D/t}$, то для коэффициента диффузии получаем оценку $D \sim 10^{-8}$ м²/с. Это отвечает режиму малой диффузии. Полученные в работе экспериментальные результаты укладываются в модель макроскопической локализации пластического течения. В этой модели показано, что локализация пластического течения в металлах и сплавах имеет ярко выраженный волновой характер.

Развитая нами теория кристаллизации цилиндра конечных размеров относится к задачам с подвижной границей раздела фаз. Движение границы раздела фаз приводит к нелинейности системы уравнений, что и приводит к возникновению автоволн.

Keywords: high-entropy alloy, plasma coating, autowave, mass transfer, nonlinearity.

Ключевые слова: высокоэнтропийный сплав, плазменное покрытие, автоволна, массоперенос, нелинейность.

Введение. Сами термины «автоволновой процесс», «автоволна» (АВ) были предложены Р.В. Хохловым, хотя теория автоволн была начата математиками - работы Р. Фишера (1937), А.Н. Колмогорова, Г.И. Петровского и И.С. Пискунова (1937), Н. Винера и А. Розенблюта (1946), А. Тьюринга (1952) - задолго до их экспериментального открытия [1]. В последующем теория АВП стала неотъемлемой частью теории самоорганизации или синергетики [2–4].

Большой класс АВ-сред условно можно описать с помощью следующей схемы. В открытую распределенную систему извне поступает энергия или вещество, богатое энергией. Эти потоки управляются локальными свойствами регулирующей поверхности или, точнее, пограничного слоя малой толщины. В свою очередь локальные свойства поверхности зависят как от волн температуры, потенциала концентрации, распространяющихся вдоль

тонкого пограничного слоя, так и от процессов, происходящих в подложке.

Во втором классе АВ-сред поверхностные эффекты не столь выражены. Локальная положительная обратная связь обеспечивает наличие N-образной характеристики среды с падающим участком «отрицательного» сопротивления в любом элементарном объеме. К таким средам и пространственно-временным структурам в них относятся автоколебательные реакции Белоусова-Жаботинского, домены в электронно-дырочной плазме полупроводников и ряд других [2].

К третьему классу можно отнести сложные многофазные среды, в которых неравновесность и АВП поддерживаются за счет энергии лазерного излучения, энергии ионной плазмы, как в наших экспериментах, термохимических реакций и других источников. Подобные явления определяются не только диффузией и теплопередачей, но и гидродинамическими потоками, в частности конвекцией,

испарением, кипением, поверхностным натяжением. Образование структур с участием поверхностных явлений рассматривалось в монографии [5] и нами в работе [6]. Таким образом, автоволна – один из результатов самоорганизации в термодинамически активных неравновесных системах. Это самоподдерживающийся волновой процесс, существующий в нелинейных средах, содержащих распределённые источники энергии. Период, длина волны, скорость распространения, амплитуда и другие характеристики автоволны определяются исключительно локальными свойствами среды.

Кроме движения фронта горения к автоволновым процессам относятся колебательные химические реакции в активных средах, распространение импульса возбуждения по нервному волокну, волны химической сигнализации в колониях некоторых микроорганизмов, автоволны в сегнетоэлектрических и полупроводниковых плёнках, популяционные автоволны, распространение эпидемий и многие другие явления [7-16].

Такое многообразие АВП приводит к многообразию механизмов их возникновения, которые не всегда понятны и не всегда описываются простыми математическими моделями. Так дело обстоит со многими АВП в конденсированных средах и системах.

В настоящей работе мы рассмотрим возникновение АВП при осаждении нитрида титановых и высокоэнтропийных покрытий CuTiZrCrNi , которые исследованы нами в предыдущей работе [17]. Этот вопрос пока никем не поднимался кроме нашей работы [6]. Они также частично отражены в работах [18-20].

Методика эксперимента. Нитрид титановые и высокоэнтропийные покрытия CuTiZrCrNi наносились на турбинные лопатки и на образцы из стали 20Х13.

Перед нанесением покрытий турбинные лопатки и образцы подвергались очистке и полировке по следующей схеме.

Предварительная подготовка:

1. Визуальный осмотр и предварительная очистка лопатки бязью смоченной Нефрасом С2-80/120, с целью удаления остатков смазки.

2. Очистка и полировка лопатки в ванне установки электролитно-плазменной полировки ЭПП-40 (рис. 1 а), при следующих параметрах: состав раствора для полировки -5% водный раствор сульфата аммония; температура раствора- 85 °С; напряжение катод-анод 300 В, ток 40 А; длительность обработки 6 мин (рис. 1 б).



а)



б)

Рисунок 1 Установка электроимпульсного полирования ЭПП-40

3. После выгрузки из ванны ЭПП-40, лопатка промывается в ультразвуковой ванне (рис. 2) и обрабатывается паром при помощи пароструйного устройства УПС 4.3-гейзер (рис. 3).

4. После пароструйной очистки лопатка протирается бязью смоченной спиртом и помещается в сушильный шкаф с целью сушки и предварительного прогрева до 150 °С.



Рисунок 2

Ультразвуковая ванна для очистки деталей
Процесс напыления:



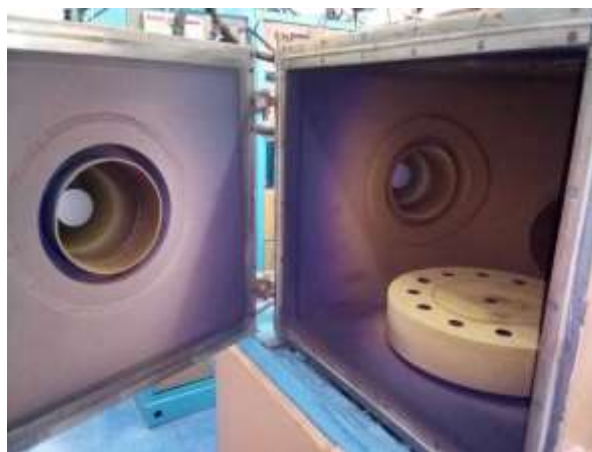
Рисунок 3

Пароструйное устройство УПС 4.3-гейзер

1. Подготовленная лопатка устанавливается в вакуумную камеру установки ННВ 6.6-И1 (рис. 4 а) при помощи оснастки на сателлит вращающегося стола (рис. 4 б).



а)



б)

Рисунок 4 Вакуумная камера установки ННВ 6.6-И1 (а) и сателлит вращающегося стола (б)

2. Производится форвакуумная откачка камеры установки до давления 1Па (время около 15мин.).

3. Дальнейшая откачка камеры производится высоковакуумным диффузионным насосом до давления $5 \cdot 10^{-3}$ Па. (время 20-25 мин.).

4. Затем в камеру через натекаль газа производится напуск аргона и с помощью блока управления электромагнитным натекалем «БУЭН» поддерживается давление в камере $2 \cdot 10^{-1}$ Па.

5. Для проведения процесса ионной очистки и нагрева включается плазменный источник с накаливаемым катодом ПИНК, устанавливается ток накала 120 А и ионный ток 5 А.

6. Включается блок опорного напряжения и на деталь подается напряжение смещения -1000 В.

7. Включается привод стола и устанавливается вращение 5 об/мин.

8. В течении 5-7 мин. ионный ток ПИНК плавно доводится до 65-70 А, при этом производится контроль нагрева лопатки при помощи пирометра Смотрич 7 сфокусированного на детали через окно камеры.

9. При достижении температуры 450°C (время 20-25 мин.) прекращается подача аргона и в камеру напускается азот особой чистоты, давление при этом поддерживается на уровне $1,8-2,2 \cdot 10^{-1}$ Па.

10. Включаются электродуговые испарители (3 дуговика) с установленными титановыми катодами марки Вт 1-00, ток дуги 95 А, ток фокусирующей катушки 0,3 А, ток стабилизирующей катушки 0,9 А.

11. Опорное напряжение снижается до 250 В, ток ПИНК 65-70 А.

12. При установленных параметрах, в режиме напыления с ионным ассистированием, происходит

формирование нитрид-титанового покрытия на поверхности лопатки.

В процессе нанесения покрытия необходим постоянный контроль температуры. При снижении температуры с 450 °С до 420 °С необходимо повысить температуру путем кратковременного повышения опорного напряжения до 1000 В. Продолжительность нанесения покрытия составляет 2 ч. При заданных параметрах напыления толщина 10-12 мкм.

13. После завершения напыления выключаются дуговые испарители и производится азотирование покрытия, для чего напряжение смещения повышается до 500 В, ионный ток ПИНК 60А время 20 мин.

14. Далее прекращается подача газа, выключается ПИНК, прекращается подача опорного напряжения, выключается вращение стола и при достижении лопаткой температуры 150 °С происходит напуск атмосферного воздуха в камеру и выгрузка лопатки.

Для приготовления мишени CrNiTiZrCu брались микропорошки соответствующих металлов и смешивались в эквимолярных пропорциях. Затем приготовленная смесь порошков помещалась в мелющий стакан планетарной шаровой мельницы из карбида вольфрама и добавлялись

мелющие тела (шары диаметром 5-10 мм) также изготовленные из карбида вольфрама, масса которых была равна 10-ти массам смеси порошков (рис. 4 а). После стакан наполняли бензином «Галоша», плотно закрывали крышку и включали планетарную шаровую мельницу (скорость вращения равна 500 об/мин., время работы 5 ч.).

Полученный гомогенизированный состав затем сушился в вакууме и при помощи прессформы пресовался в плоский диск диаметром 100 мм и толщиной в 5 мм. Далее диск помещался в вакуумную термо печь и спекался в ней в течении 3-х часов. Таким образом, изготовленная мишень CrNiTiZrCu (рис. 4 б) использовалась для дальнейшего магнетронного нанесения покрытий на установке ННВ 6.6И1. Нанесение покрытий производилось на подготовленные турбинные лопатки. Вакуумная камера откачивалась до давления 0,003 Па затем включался ПИНК производился напуск Ag до давления 1 Па на подложку подавался отрицательный потенциал смещения 1000 В и в течении 10 мин. производилась очистка и нагрев поверхности подложки. После давление аргона понижали до 0,1 Па и включался магнетрон. Смещение на подложке уменьшалось до 150 В, ток магнетрона поддерживался постоянным 3 А. Лопатка располагалась в камере на расстоянии 15 см, время напыления составляло 1 час.



Рисунок 4 Микропорошки металлов смешивались и помещались в мелющий стакан планетарной шаровой мельницы (а), состав затем сушился в вакууме и при помощи пресс-формы прессовался в плоский диск диаметром 100 мм и толщиной в 5 мм (б)

Турбинные лопатки без покрытия выглядят так (рис. 5 а), имеют вид нитрида титана (рис. 5 б), турбинная лопатка с покрытием CrNiTiZrCu показаны на рис. 5 в.

Микротвердость покрытия измерялась на приборе HVS-1000А с выводом данных на компьютер через 0,1 миллиметр. Общая площадь образца была

20 x 20 мм. Измерения проводились вдоль и поперек. Для нанесения покрытий в качестве подложек использовали полированные диски из стали 20Х13 диаметром 20 мм (рис. 6), одновременно размещаемые на подложкодержателе с целью осаждения покрытия на разные подложки в идентичных условиях.



Рисунок 5 Турбинные лопатки без покрытия (а), с нитрил титановым покрытием (б) и с покрытием CrNiTiZrCu (в)

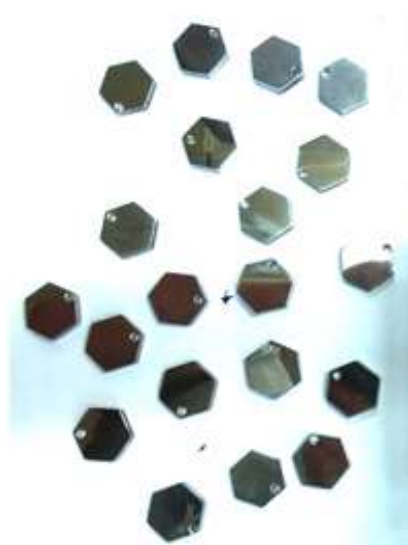


Рисунок 6 Полированные диски из стали 20X13

Полированные диски готовились следующим образом:

1. Шлифовка и полировка образца на шлифовально-полировальном станке MetaServ 250.
2. Шлифовка SiC абразивной бумагой CarbiMet P180 с подачей холодной воды.
3. Полировка кругом (ткань с жестким плетением, без ворса) и алмазной пастой с частицами: 1) диаметра 9 мкм, 2) частицами 3 мкм.

4. Полировка кругом (мягкая пористая химически стойкая ткань, без ворса) с использованием полированной суспензии на основе Al_2O_3 (частицы диаметром 0,05 мкм).

В результате была получена зеркальная поверхность, шероховатость исследована на атомно-силовом микроскопе NT-206 и, в качестве примера, показана в табл. 1. Средняя шероховатость составила 13 нм.

Таблица 1

Параметры шероховатости и статистические характеристики подложек

Подложка	Шероховатость R_a , нм	Дисперсия R_q	Ассиметрия R_{sk}	Экссесс R_{ku}
Сталь 20X13	13,34	18,23	0,17	7,35
Сталь 20X13	13,00	16,6	0,14	6,46
Сталь 20X13	13,89	21,42	0,15	8,97

Для турбинных лопаток также была получена зеркальная поверхность, но длительность полирования была значительной. Небольшая часть (из 50 штук) результатов показана на рис. 7.

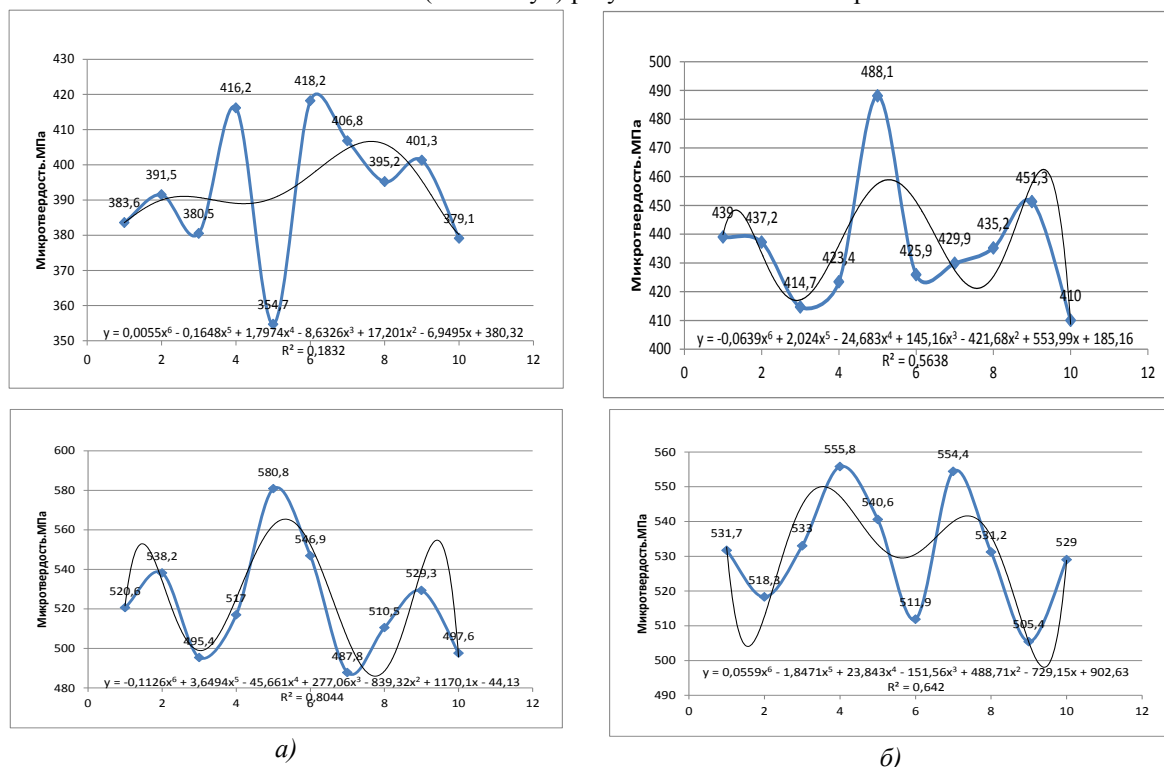


Рисунок 7 Автоволны в покрытии нитрида титана (а) и CrNiTiZrCu (б)

Обсуждение результатов эксперимента. В обоих случаях наблюдается квазипериодическая структура, т.е. волновой процесс. Из рис. 7 видно, что длина волны составляет порядка 10^{-4} м, т.е. скорость массопереноса составляет $\sim 10^{-4}$ м/с. Поскольку скорость массопереноса $V \approx \sqrt{D/t}$, то для коэффициента диффузии получаем оценку $D \sim 10^{-8}$ м²/с. Это отвечает режиму малой диффузии.

Полученные нами выше экспериментальные результаты укладываются в модель макроскопической локализации пластического течения, развитой в работе [12]. В этой работе показано, что локализация пластического течения в металлах и сплавах имеет ярко выраженный волновой характер. При этом на стадиях легкого скольжения, линейного и параболического деформационного упрочнения, а также на стадии предварительного разрушения наблюдаемые картины локализации суть разные типы волновых процессов. Анализ волновых характеристик таких процессов позволил измерить скорость их распространения ($\sim 10^{-4}$ м/с), длину волны ($\sim 10^{-2}$ м) и установить, что дисперсионное соотношение для таких волн имеет квадратичный характер.

В нашей работе [6] мы рассмотрели задачу о кристаллизации осаждаемого покрытия в форме

цилиндра конечных размеров с подвижной границей раздела фаз. Нестационарное уравнение диффузии, описывающее этот процесс в подвижной цилиндрической системе координат, движущейся по закону $\beta(t)$, имеет вид:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \left[\frac{\partial^2 C}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial C}{\partial r} \right) \right],$$

где D - коэффициент диффузии.

В результате решение получено в виде:

$$C(r, z) = \frac{C_0 R}{\sqrt{\pi z}} I_0 \left(\frac{2r}{R} \right)$$

Радиальная и осевая составляющие градиента концентрации равны:

$$\frac{\partial C}{\partial r} = \frac{2}{z} \frac{C_0}{\sqrt{\pi}} I_1 \left(\frac{2r}{R} \right),$$

$$\frac{\partial C}{\partial z} = \frac{RC_0}{\sqrt{\pi z^2}} I_0 \left(\frac{2r}{R} \right).$$

Оба уравнения, содержащие функции Бесселя $I_0(2r/R)$ и $I_1(2r/R)$, показывают волновой характер затвердевания покрытия (рис. 8).

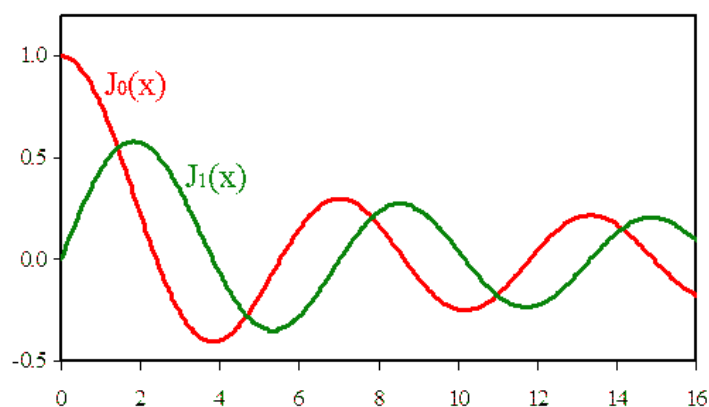


Рисунок 8 Графики функций Бесселя (сравни с рис. 7)

Развитая нами теория кристаллизации цилиндра конечных размеров относится к задачам с подвижной границей раздела фаз и носит название – задача Стефана [21]. С математической точки зрения краевые задачи такого типа принципиально отличны от классических задач теплопроводности или диффузии. Вследствие зависимости размера области переноса потока от времени к этому типу задач неприменимы классические методы разделения переменных и интегральных преобразований Фурье, так как, оставаясь в рамках классических методов математической физики, не удаётся согласовать решение уравнения с движением границы раздела фаз. Движение границы раздела фаз приводит к нелинейности системы уравнений, что и приводит к возникновению автоволн.

Заключение. В заключении можно сделать следующие выводы:

Рассматриваются автоволновые процессы, возникающие при осаждении плазменных покрытий. Для получения покрытий использовались натриды титана и высокоэнтропийные сплавы. Проводились измерения микротвердости вдоль и поперек образца в количестве до 50 штук. Графики микротвердости представляют собой периодические структуры с длиной волны порядка 10^{-4} м. Коэффициент диффузии имеет порядок 10^{-8} м²/с, т.е. мы имеем систему с малой диффузией.

Осаждение покрытий в плазме представляет собой термодинамически неравновесный процесс в открытой системе. Нелинейность уравнений возникает из-за движения границы раздела фаз и малой диффузии поверхностных атомов. В этом случае возникает автоволновой процесс. Полученные нами экспериментальные и теоретические результаты укладываются в модель макроскопической локализации пластического течения. В этой модели показано, что локализация пластического течения в металлах и сплавах имеет ярко выраженный волновой характер.

Развитая нами теория кристаллизации цилиндра конечных размеров относится к задачам с подвижной границей раздела фаз и носит название – задача Стефана. С математической точки зрения краевые задачи такого типа принципиально отличны от классических задач теплопроводности

или диффузии. Вследствие зависимости размера области переноса потока от времени к этому типу задач неприменимы классические методы разделения переменных и интегральных преобразований Фурье, так как, оставаясь в рамках классических методов математической физики, не удаётся согласовать решение уравнения с движением границы раздела фаз. Движение границы раздела фаз приводит к нелинейности системы уравнений, что и приводит к возникновению автоволн.

Работа выполнена по программе Министерства образования и науки Республики Казахстан. Гранты №0118PK000063 и №Ф.0781.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1 Васильев В.А., Романовский Ю.М., Яхно В.Г. Автоволновые процессы. - М.: Наука, 1987. - 240 с.
- 2 Хакен Г. Информация и самоорганизация: Макроскопический подход к сложным системам. - М.: Мир, 1991. - 240 с.
- 3 Заславский Г.М. Физика хаоса в гамильтоновых системах. - Москва-Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2004. - 288 с
- 4 Анищенко В.С., Вадивасова Т.Е., Шиманский-Гайер Л. Динамическое и статистическое описание колебательных систем. - Москва-Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2005. - 156 с.
- 5 Kahrig E., Beberdich H. Dissipative Structur-. - Leipzig: VEB Georg Thieme, 1977. - 342 p.
- 6 Лауринас В.Ч., Завацкая О.Н., Юров В.М., Гученко С.А. Автоволновые процессы при формировании ионно-плазменных покрытий // Вестник КарГУ. Физика, №1(69), 2013. – С. 57-68.
- 7 Davydov V.A., Davydov N.V., Morozov V.G., Stolyarov M.N., Yamaguchi T. Autowaves in the moving excitable media // Condensed Matter Physics, 2004, Vol. 7, No. 3(39). - P. 565–578.
- 8 Kolobov A.V., Gubernov V.V. and Polezhaev A.A. () Autowaves in the Model of Infiltrative Tumour Growth with Migration-Proliferation Dichotomy // Math. Model. Nat. Phenom, 2011, Vol. 6, No. 7. - P. 1-12.
- 9 Герасев А.П. Неравновесная термодинамика автоволновых процессов в слое катализатора // УФН, 2004, Том 174, №10. - С. 1061-1087.

- 10 Елькин Ю.Е. Автоволновые процессы // Математическая биология и биоинформатика, 2006, том 1, №1. - С. 27-40.
- 11 Хищенко К.В., Ткаченко С.И., Левашов П.Р. О волне плавления в металле при быстром нагреве мощным импульсом тока // Письма в ЖТФ, 2006, том 32, вып. 3. - С. 67-74.
- 12 Зуев Л.Б. Данилов В.И., Баранникова С.А. Физика макролокализации пластического течения. - Новосибирск: Наука, 2008. - 328 с.
- 13 Майер Р.В. Компьютерное моделирование автоволновых процессов // Потенциал, 2009, № 07 (55). - С. 42-49.
- 14 Мищенко Е.Ф., Садовничий В.А., Колесов А.Ю., Розов Н.Х. Автоволновые процессы в нелинейных средах с диффузией. - М.: Физматлит, 2010. - 395 с.
- 15 Хабибуллин И.Л., Назмутдинов Ф.Ф., Габзалилов А.Ф. Автоволновой режим нагрева диэлектрических сред электромагнитным излучением // Теплофизика и аэромеханика, 2010, т.17, № 2. - С. 229-236.
- 16 Глызин С.Д., Колесов А.Ю., Розов Н.Х. Автоволновые процессы в кольцевой нейронной цепи с однонаправленной связью // Моделирование и анализ информационных систем, 2015, Т.22, №3 - С. 404-419.
- 17 Yurov V.M., Platonova E.S., Baltabekov A. High entropy coatings CuTiZrCrN // Norwegian Journal of development of the International Science, 2019, V. 1, №36. - P. 25-29.
- 18 Guchenko S.A., Eremin E.N., Yurov V.M., Laurinas V.Ch., Kasymov S.S. Autowave processes in the deposition of plasma coatings // Вестник КарГУ. Физика, 2018, №4(92). - С. 8-18.
- 19 Юров В.М., Гученко С.А., Лауринас В.Ч. Возникновение автоволн при осаждении плазменных покрытий // «Вестник НИЦ МИСИ: актуальные вопросы современной науки», . 2019, вып. 19. - С. 65-71.
- 20 Юров В.М., Сыздыкова А.Л., Гученко С.А. Автоволновые процессы в покрытии высокоэнтропийного типа // Тенденции развития науки и образования, 2019, №54, часть 6. - С. 89-92.
- 21 Gupta S.C. The Classical Stefan Problem: Basic Concepts, Modelling and Analysis. - Amsterdam: Elsevier. 2003. - 385 p

VETERINARY SCIENCES

EMATOLOGICAL AND BIOCHEMICAL BLOOD INDICATORS OF CATTLE, MEASURES BY SEASONS OF THE YEAR

Raitskaya V.

*candidate in. sciences Veterinary Team Leader
(FGBNU "NIIAP Khakassia")*

Sevastyanova V.

Researcher, (FGBNU "NIIAP Khakassia")

ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА, МЯСНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ПО СЕЗОНАМ ГОДА

Раицкая В.И.

*кандидат в. наук, руководитель группы ветеринарии
(ФГБНУ «НИИAP Хакасии»)*

Севастьянова В.М.

научный сотрудник, (ФГБНУ «НИИAP Хакасии»)

Abstract

The studies were conducted on the premises of Andrianovskiy LLC in the Bogradsky District of the Republic of Khakassia. The article analyzes the changes in some hematological and biochemical parameters of blood in heterosexual groups of cattle of Hereford breed in different seasons of the year (spring, summer, autumn and winter). In spring, blood parameters significantly differ from the autumn and summer seasons. The decrease in the number of red blood cells in the blood of animals of different sex and age groups may be due to inadequate feeding in the winter due to a lack of proteins.

Аннотация

Исследования проводились в хозяйстве ООО Андриановский Богградского района Республики Хакасия. В статье проанализированы изменения некоторых гематологических и биохимических параметров крови у разнополовозрастных групп крупного рогатого скота герефордской породы в разные сезоны года (весна, лето, осень и зима). Весной параметры крови достоверно отличаются от осенних и летних сезонов. Уменьшение числа эритроцитов в крови животных разных половозрастных групп может быть обусловлено неполноценным кормлением в зимний период за счёт недостатка белков.

Keywords: hereford breed, hematological and biochemical parameters, seasons.

Ключевые слова: герефордская порода, гематологические и биохимические показатели, сезоны года.

Наличие в кроветворных органах и системах организма интерорецепторов служит доказательством того, что кроветворные органы включены в систему рефлекторных взаимодействий и через них в деятельность всего организма как целого.

Поэтому метод морфологического и биохимического анализа крови используется не только при постановке диагноза и прогноза многих заболеваний, но и приобретает большое значение при нормировании кормления в разные сезоны года животных и прогноза их продуктивности.

Ряд исследователей проявляют огромный интерес к крови. Однако поиски связи морфологического состава крови с продуктивными качествами показали, что он косвенно связан с продуктивностью.

В результате изменения технологии ведения сельскохозяйственного производства и условий окружающей среды, возникает несоответствие между биологической природой животного организма и его физиологическими возможностями [2, С. 2].

В период адаптации к новым технологическим процессам выращивания, организм животных постоянно испытывает многочисленные воздействия отрицательных факторов внешней среды. Он отвечает на них стресс-реакцией, чтобы обеспечить согласованное функционирование всех физиологических систем, активизировать защитные силы организма [1, С. 5].

Цель работы – изучить морфофункциональное состояние показателей крови у половозрастных групп крупного рогатого скота герефордской породы в разные сезоны года.

Исследования по изучению морфофункциональному состоянию показателей крови у половозрастных групп крупного рогатого скота герефордской породы проводились в хозяйстве ООО Андриановский Богградского района Республики Хакасии в разные сезоны года (весна, лето, осень и зима). Для определения уровня общего белка, кальция, неорганического фосфора, холестерина, глюкозы использовали приборы: БиАн-Е 9343 (программируемый биохимический анализатор). Кровь у всех животных брали из яремной вены рано утром до кормления.

Исследования, включающие в себя определение количества лейкоцитов, лимфоцитов, моноцитов, гранулоцитов, процент лимфоцитов, процент моноцитов, процент гранулоцитов, эритроцитов, концентрацию гемоглобина, гематокрита, средний объем эритроцитов, среднее содержание гемоглобина в эритроците, среднюю концентрацию гемоглобина в эритроците, ширину распределения эритроцитов, тромбоцитов, средний объем тромбоцита, ширину распределения тромбоцитов, тромбокрит, проводили на приборе *Mindray BC-2800Vet* (ветеринарный гематологический анализатор).

Полученные данные обработаны биометрически в «Microsoft Excel».

Кровь, являясь внутренней средой для всех органов и тканей, наиболее полно отражает в себе разнообразные биохимические и физические процессы, происходящие в организме. В связи с этим нами были проведены исследования по изучению морфологического и биохимического состава

крови у животных, взятых в весенний, летний зимний и осенний периоды года. При этом установлено, что полученные результаты отличаются от аналогичных литературных показателей [3, С. 290].

Экспериментальные исследования по крови у животных позволили выявлять скрыто протекающие патологические процессы, появление осложнений и нарушения обмена веществ.

Анализ морфологического состава крови крупного рогатого скота герефордской породы свидетельствует об оптимальном уровне форменных элементов в ней и незначительном их различии по группам, следовательно, физиологических возможностях животных.

Понижение абсолютного числа лимфоцитов происходит в весенний период, что составило ниже физиологической нормы у нетелей на – 33,4%, быков-производителей на – 30,2%, бычков (отъем) на – 40,6%, и у коров на – 69,8%. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Биохимические и гематологические показатели крови крупного рогатого скота (коров)
в разные сезоны года**

Показатели	Сезон года			
	зима	лето	весна	осень
Гематологические показатели				
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	6,7 ± 0,9	7,4 ± 1,4	7,4 ± 1,4	7,42 ± 1,2
Лимфоциты, 10 ⁹ /л	5,4 ± 1,3	1,6 ± 0,7	1,6 ± 0,3	1,7 ± 0,6
Моноциты, 10 ⁹ /л	0,7 ± 0,1	1,0 ± 0,2	1,0 ± 0,2	0,65 ± 0,6
Гранулоциты, 10 ⁹ /л	1,3 ± 0,5	3,6 ± 0,2	3,6 ± 1,0	3,23 ± 0,5
Эритроциты, г/л	4,1 ± 0,8	7,11 ± 0,1	7,11 ± 0,1	7,43 ± 0,2
Гемоглобин, г/л	110 ± 2,6	109 ± 0,2	109,2 ± 3,1	124,8 ± 4,7
Биохимические показатели				
Общий белок, г/л	7,67 ± 0,4	7,0 ± 0,4	4,9 ± 0,3	8,8 ± 0,8
Фосфор неорганический, мг/%	5,91 ± 0,9	6,0 ± 0,9	9,2 ± 1,6	11,9 ± 1,5
Кальций, мг/%	7,8 ± 1,7	8,9 ± 0,8	14,7 ± 0,6	14,2 ± 0,2
Глюкоза, мг/%	55,6 ± 3,9	51,0 ± 0,8	39,4 ± 4,7	62,7 ± 4,5
Холестерин, мг/%	169,00 ± 4,7	164,0 ± 6,5	140,22 ± 11,6	151,5 ± 7,8
Щелочная фосфатаза, %	60,17 ± 0,7	51,0 ± 1,0	57,88 ± 1,1	60,9 ± 1,8

В дальнейшем в летний и осенний периоды их количество находилось в пределах физиологической нормы, кроме бычков в период отъема (в летний период), что составило – ниже физиологической нормы на 52,8%.

Процентное содержание лимфоцитов у коров в весенний период составило 1,6 х⁹/л, а осенний – 1,7 х⁹/л, что ниже физиологической нормы, соответственно на – 20,83% и 30,30%. Это форменный элемент, который отвечает за выработку иммунитета и борьбу с микробами и вирусами и играет значительную роль в образовании иммунных тел.

Пониженное содержание лимфоцитов в крови у коров объясняется тем, что в их организме окислительно-восстановительные процессы протекали очень слабо.

Эритроциты служат носителями гемоглобина, обеспечивающего организм кислородом, переносят углекислый газ из тканей в легкие, принимают участие в регуляции кислотно - щелочного равновесия, транспортируют к тканям аминокислоты, липиды,

адсорбируют токсины, участвуют в ряде ферментативных процессов [2, С.3].

В зимний период содержание количества эритроцитов в крови у бычков-производителей составило 3,7 г/л, у коров 4,1 г/л, у нетелей 4,4 г/л, что ниже физиологической нормы на – 41,27%, 34,92%, на – 30,16%, а в весенний, летний и осенний сезоны года стабилизировалось.

Уменьшение числа эритроцитов в крови животных разных половозрастных групп может быть обусловлено неполноценным кормлением в зимний период за счёт недостатка белков, витамина В, кобальта, железа, меди в кормах. При длительных интоксикациях могут наблюдаться воспалительные процессы, отравления, инвазионные болезни.

Снижение уровня гранулоцитов в крови у нетелей отмечено в осенний период на 53,6%, у бычков – в зимний период на 29,2%.

Уровень гемоглобина у бычков-производителей в зимний период понижен на – 3,7%. Выявлялось из-за неполноценного кормления при недостатке в

рационе белка, кобальта, железа, меди и витамина В [2, С.3].

У остальных половозрастных групп в весенний, летний и осенний сезоны года находился в пределах физиологической нормы. Тромбоциты, ширина распределения эритроцитов, средняя концентрация гемоглобина в эритроците, средний объем эритроцита и др. показатели в крови во все периоды года находились в пределах физиологической нормы.

При биохимическом исследовании сыворотки крови у животных определяются показатели, указывающие на происходящие в организме изменения.

Данные таблиц характеризуют уровень процессов в организме животных, где происходят незначительные изменения в сыворотке крови.

Содержание холестерина в осенний период у быков - производителей составило 218,5 мг/%, а у коров – 151,5 мг/%, что ниже физиологической нормы соответственно на – 6,90% и 5,30% (табл. 2, 3, 4).

Таблица 2

Биохимические и гематологические показатели крови крупного рогатого скота (быки - производители) разные сезоны года

Показатели	Сезон года			
	зима	лето	весна	осень
Гематологические показатели				
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	5,8 ± 0,5	8,1 ± 0,7	8,2 ± 0,7	6,25 ± 0,6
Лимфоциты, 10 ⁹ /л	3,7 ± 0,6	3,8 ± 1,1	1,8 ± 0,1	4,80 ± 0,3
Моноциты, 10 ⁹ /л	0,7 ± 0,1	0,9 ± 0,3	0,9 ± 0,1	0,83 ± 0,5
Гранулоциты, 10 ⁹ /л	1,5 ± 0,1	2,2 ± 0,6	5,2 ± 0,6	3,65 ± 0,4
Эритроциты, g/l	3,7 ± 0,9	6,2 ± 0,2	7,2 ± 0,2	7,16 ± 0,8
Гемоглобин, g/l	95,3 ± 3,1	110,0 ± 5,3	115,5 ± 3,3	118,0 ± 5,6
Биохимические показатели				
Общий белок, г/л	7,3 ± 0,58	6,14 ± 0,94	4,14 ± 0,4	6,49 ± 1,7
Фосфор неорган., мг/%	5,8 ± 0,9	9,8 ± 1,3	11,8 ± 1,3	11,6 ± 2,7
Кальций, мг/%	6,6 ± 0,3	12,80 ± 1,9	12,8 ± 1,9	11,7 ± 1,5
Глюкоза, мг/%	66,8 ± 3,2	60,8 ± 5,7	57,8 ± 5,1	60,2 ± 2,6
Холестерин, мг/%	189,0 ± 7,4	161,20 ± 16,8	161,2 ± 16,7	218,5 ± 15,2
Щелочная фосфатаза, %	57,9 ± 4,3	50,22 ± 2,7	55,22 ± 2,9	60,96 ± 3,7

Таблица 3

Морфологические показатели крови крупного рогатого скота (нетели) разные сезоны года

Показатели	Сезон года			
	зима	лето	весна	осень
Гематологические показатели				
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	6,4 ± 1,2	7,9 ± 1,2	7,2 ± 2,2	5,4 ± 1,2
Моноциты, 10 ⁹ /л	0,6 ± 0,1	1,0 ± 0,2	1,0 ± 0,2	0,6 ± 0,1
Гранулоциты, 10 ⁹ /л	1,2 ± 0,4	2,8 ± 1,2	3,8 ± 0,2	1,2 ± 0,4
Эритроциты, g/l	4,4 ± 0,3	6,4 ± 0,2	7,4 ± 0,2	4,4 ± 0,3
Гемоглобин, g/l	118,4 ± 2,0	103 ± 2,2	106 ± 2,2	120,4 ± 2,0
Биохимические показатели				
Общий белок, г/л	6,37 ± 0,7	7,49 ± 1,0	4,49 ± 1,7	7,11 ± 1,7
Фосфор неорган., мг/%	9,35 ± 1,1	5,03 ± 2,6	10,03 ± 2,7	7,03 ± 2,7
Кальций, мг/%	6,5 ± 0,4	11,7 ± 1,2	16,7 ± 1,5	12,7 ± 1,5
Глюкоза, мг/%	38,7 ± 2,7	49,2 ± 2,9	37,2 ± 2,6	61,2 ± 2,6
Холестерин, мг/%	183,7 ± 9,3	208,5 ± 15,3	208,5 ± 15,2	211,5 ± 5,2
Щелочная фосфатаза, %	43,76 ± 4,2	49,9 ± 3,9	49,96 ± 3,7	58,0 ± 3,7

Содержание щелочной фосфатазы у нетелей в зимний период ниже физиологической нормы на – 12,48%, а в весенний период у них же на – 1,08%.

Это вызвано недостатком в рационе отдельных минеральных веществ (цинка, магния) и витаминов в стойловый период, когда в организме животных накапливается большое количество недоокисленных продуктов обмена, кислот, которые связывают бикарбонаты и другие щелочные компоненты крови.

В весенний период белок в крови у быков-производителей ниже физиологической нормы на – 43,21%, у быков (отъем) – 38,40%, у коров – на 32,82% и нетелей – 38,40%.

Следует отметить, снижение общего белка в сыворотке крови проявляется вследствие недостатка макро- и микроэлементов, витамина.

Увеличение уровня неорганического фосфора в сыворотке крови у коров в весенний период составило 9,2 мг/%, в осенний период 11,9 мг/%, что

соответственно выше физиологической нормы на 32,43% и 70%.

У быков-производителей – 11,8 мг/% в весенний период, а в осенний составил – 11,6 мг/%, выше физиологической нормы соответственно на –

65,00% и 65,71%. Это проявляется при недостатке форменного элемента в кормах при плохом его усвоении, вследствие нарушения соотношения кальция и фосфора.

Таблица 4

Морфологические показатели крови крупного рогатого скота (бычки до года) разные сезоны года

Показатели	Сезон года			
	зима	лето	весна	осень
Гематологические показатели				
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	$9,2 \pm 0,6$	$8,1 \pm 0,5$	$8,5 \pm 0,5$	$6,3 \pm 0,5$
Лимфоциты, $10^9/\text{л}$	$4,1 \pm 0,9$	$2,5 \pm 0,2$	$2,5 \pm 0,2$	$4,8 \pm 0,2$
Моноциты, $10^9/\text{л}$	$1,0 \pm 0,2$	$1,2 \pm 0,1$	$1,2 \pm 0,2$	$0,8 \pm 0,1$
Гранулоциты, $10^9/\text{л}$	$2,8 \pm 0,6$	$2,2 \pm 0,5$	$4,9 \pm 0,5$	$3,7 \pm 0,5$
Эритроциты, г/л	$7,3 \pm 0,3$	$7,3 \pm 0,4$	$7,3 \pm 0,4$	$7,2 \pm 0,4$
Гемоглобин, г/л	$98 \pm 5,7$	$114,5 \pm 4,7$	$114,5 \pm 4,7$	$118,0 \pm 4,7$
Биохимические показатели				
Общий белок, г/л	$7,98 \pm 1,05$	$6,49 \pm 1,07$	$4,49 \pm 1,07$	$7,61 \pm 1,07$
Фосфор неорганический, мг/%	$7,98 \pm 0,74$	$6,03 \pm 2,67$	$10,03 \pm 2,67$	$6,03 \pm 2,67$
Кальций, мг/%	$6,1 \pm 0,3$	$11,7 \pm 1,2$	$16,7 \pm 1,2$	$10,7 \pm 1,2$
Глюкоза, мг/%	$57,9 \pm 1,8$	$60,2 \pm 2,9$	$50,2 \pm 2,9$	$62,2 \pm 2,9$
Холестерин, мг/%	$171,8 \pm 5,8$	$218,5 \pm 15,3$	$208,5 \pm 15,3$	$201,5 \pm 15,3$
Щелочная фосфатаза, %	$64,5 \pm 3,2$	$60,9 \pm 3,9$	$59,9 \pm 3,9$	$52,0 \pm 3,9$

Зимой у всех половозрелых групп происходит снижение кальция: у быков – производителей составило 6,6 мг/%, у бычков (отъем) – 6,1 мг/%, коров – 7,8 мг/% и у нетелей – 6,5 мг/%, что ниже физиологической нормы соответственно на – 30,32%, 36,0%, 16,9 и на – 30,7%, а в весенний, летний и осенний периоды соответствовало установленной норме – это происходит за счет недостатка витамина Д в крови.

Содержание уровня сахара в сыворотке крови у нетелей весной составляет 37,2 мг/%, что ниже физиологической нормы на – 6,9%. Это снижение в сравнении с нормой может проявляться вследствие дефицита легкоусвояемых углеводов в кормах. Это свидетельствует о слабой работе рубца и печени, так как основной синтез глюкозы в печени осуществляется в процессе глюконеогенеза из летучих жирных кислот, образующихся при брожении.

Таким образом, проанализированы изменения гематологических и биохимических параметров крови у разнополовозрастных групп крупного рогатого скота герефордской породы в разные сезоны года (весна, лето, осень и зима). Весной параметры крови достоверно отличаются от осенних и летних сезонов. Уменьшение числа эритроцитов в крови животных разных половозрастных групп может быть обусловлено неполноценным кормлением в зимний период за счёт недостатка белков и др.

В зимне-весенний периоды, необходимо проводить профилактические мероприятия, направленные на нормализацию углеводного, минерально-витаминного и белкового обменов. При длительных интоксикациях могут наблюдаться воспалительные процессы, отравления, инвазионные болезни. Окислительно-восстановительные процессы у всех возрастных групп герефордской породы идут более интенсивно по сравнению с зимним периодом, они характеризуются лучшим развитием и более высокой продуктивностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Амерханов Х. Эффективность отбора производителей по собственной продуктивности в мясном скотоводстве /Х. Амерханов // Молочное и мясное скотоводство. – 2011. – № 3. С.2 -5.
2. Дунин И. Результаты функционирования отрасли мясного скотоводства в Российской Федерации / И. Дунин, // Молочное и мясное скотоводство. – 2011. – №5. – С.2-4.
3. Николаева О.Н. Гематологические показатели телят при использовании композиции фитопробиотиков и полисолой микроэлементов / О.Н. Николаева // Проблемы и перспективы развития аграрного производства: Междун. науч. конф., г. Смоленск, 31 дек. 1 янв. 2007 г. Смоленск. – 2007. – С. 289-291.

№40/2020

Norwegian Journal of development of the International Science

ISSN 3453-9875

VOL.1

It was established in November 2016 with support from the Norwegian Academy of Science.

DESCRIPTION

The Scientific journal “Norwegian Journal of development of the International Science” is issued 12 times a year and is a scientific publication on topical problems of science.

Editor in chief – Karin Kristiansen (University of Oslo, Norway)

The assistant of the editor in chief – Olof Hansen

- James Smith (University of Birmingham, UK)
- Kristian Nilsen (University Centre in Svalbard, Norway)
- Arne Jensen (Norwegian University of Science and Technology, Norway)
- Sander Svein (University of Tromsø, Norway)
- Lena Meyer (University of Gothenburg, Sweden)
- Hans Rasmussen (University of Southern Denmark, Denmark)
- Chantal Girard (ESC Rennes School of Business, France)
- Ann Claes (University of Groningen, Netherlands)
- Ingrid Karlsen (University of Oslo, Norway)
- Terje Gruterson (Norwegian Institute of Public Health, Norway)
- Sander Langfjord (University Hospital, Norway)
- Fredrik Mardosas (Oslo and Akershus University College, Norway)
- Emil Berger (Ministry of Agriculture and Food, Norway)
- Sofie Olsen (BioFokus, Norway)
- Rolf Ulrich Becker (University of Duisburg-Essen, Germany)
- Lutz Jäncke (University of Zürich, Switzerland)
- Elizabeth Davies (University of Glasgow, UK)
- Chan Jiang (Peking University, China)

and other independent experts

1000 copies

Norwegian Journal of development of the International Science

Iduns gate 4A, 0178, Oslo, Norway

email: publish@njd-iscience.com

site: <http://www.njd-iscience.com>