
PEDAQOJİ UNIVERSİTETİN
XƏVƏRLƏRİ

ИЗВЕСТИЯ
ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

TRANSACTIONS
OF PEDAGOGICAL UNIVERSITY

ISSN 2520-2049

Riyaziyyat və təbiət elmləri seriyası

Серия математических и естественных наук

Series of mathematical and natural sciences

2019, С. 67, № 4

**Jurnal 24 may 1991-ci il tarixdə Azərbaycan Respublikası
Mətbuat Komitəsində qeydiyyatdan keçmişdir (şəhadətnamə № 307)
(1953-cü ildən nəşr edilir)**

PEDAQOJİ UNİVERSİTETİN XƏBƏRLƏRİ

Riyaziyyat və təbiət elmləri seriyası, 2019, C. 67, № 4

BAŞ REDAKTOR F.-r.e.d., prof. A.D.Zamanov
EDITOR-IN-CHIEF Prof. Dr. A.D.Zamanov

REDAKSİYA HEYƏTİ

B.e.d., prof. B.İ.Ağayev, f.-r.e.d., prof. M.S.Cəbrayilov, f.e.d., dos. C.İ.Hüseynov (*baş redaktorun müavini*), f.-r.e.d., prof. R.M.Rzayev (*baş redaktorun müavini*), f.-r.e.d., prof. H.S.Seyidli, k.e.d., prof. N.A.Verdizadə

REDAKSİYA ŞURASI

C.e.d., dos. M.A.Abdüeyev, f.-r.e.d., prof. E.Ə.Eyvazov, AMEA-nın müxbir üzvü, t.e.d., prof. S.C.Əkbərov, r.e.d., prof. B.Ə.Əliyev, b.e.d., prof. Ə.N.Fərəcov, p.ü.e.d., prof. İ.N.İsmayilov, AMEA-nın həqiqi üzvü, f.-r.e.d., prof. H.H.Quliyev, f.-r.e.d., prof. V.M.Qurbanov, p.ü.e.d., prof. Ə.Q.Pələngov, r.e.d., dos. R.A.Rasulov, b.ü.e.d., prof. R.L.Sultanov, k.ü.e.d., dos. Ə.Z.Zalov, p.ü.f.d. M.V.Abdullayeva (*məsul katib*)

EDITORIAL BOARD

Prof. Dr. B.I.Aghayev, Prof. Dr. M.S.Jabrayilov, Ass. prof. Dr. J.I.Huseynov (*ass. editor*), Prof. Dr. R.M.Rzayev (*ass. editor*), Prof. Dr. H.S.Seyidli, Prof. Dr. N.A.Verdizadeh

ADVISORY BOARD

Ass. prof. Dr. M.A.Abdüeyev, Prof. Dr. E.A.Eyvazov, Corr.-member of ANAS, Prof. Dr. S.J.Akbarov, Prof. Dr. B.A.Aliyev, Prof. Dr. A.N.Farajov, Prof. Dr. İ.N.Ismayilov, Member of ANAS, Prof. Dr. H.H.Guliyev, Prof. Dr. V.M.Gurbanov, Prof. Dr. A.G.Palangov, Ass. prof. Dr. R.A.Rasulov, Prof. Dr. R.L.Sultanov, Ass. prof. Dr. A.Z.Zalov, Phd M.V.Abdullayeva (*executive secretary*)

© ADPU, 2019
© АГНУ, 2019
© ASPU, 2019

MÜNDƏRİCAT

Riyaziyyat

Abdullayeva A.M.

DİRAK OPERATORUNUN MƏXSUSİ VEKTOR-FUNKSİYALARI ÜZRƏ
SPEKTRAL AYRILIŞIN MÜTLƏQ VƏ MÜNTƏZƏM YIĞILMASI HAQQINDA... 9

Qasımova S.H.

QARIŞIQ NORMALI ÇƏKİLİ LEBEQ FƏZASINDA ÜMİMİLƏŞMİŞ HARDİ
BƏRABƏRSİZLİYİNİN TƏDQIQI 22

Təbiət elmləri

Abdurəhmanova S.M.

MELATONİN VƏ ONUN SİRKADİAN RİTMİN TƏNZİMLƏNMƏSİNDƏ ROLU 35

Abdurəhmanova V.Ə.

SnSe və Sm_{1-x}CexSnSe₂ (x = 0.02-0.5) BİRLƏŞMƏLƏRİNİN İSTİLİK
XASSƏLƏRİ 42

Bağirova M.İ.

LƏNKƏRAN-ASTARA İQTİSADİ RAYONUNDA YAŞAYIŞ
MƏNTƏQƏLƏRİNİN QRUPLAŞDIRILMASI 51

Cəlilov Ə.G., İsmayilzadə İ.Ş.

ORTA XƏZƏRİN AZƏRBAYCAN AKVATORİYASININ
MEZOPLANKTONUNUN MÜASİR VƏZİYYƏTİ (NÖV TƏRKİBİ, MİQDARI) 60

Əliyeva S.B.

HİBRİD KOMPOZİTLƏR – ƏDƏBİYYAT İCMALI 69

Əlizadə G.Ə.

BÖYÜK QAFQAZ TƏBİİ VİLAYƏTİNDƏ TAPILAN ERİTREİD
(ACARIFORMES: ACTINEDIDA: ERYTHRAEIDAE) GƏNƏLƏRİNİN
FAUNASININ İCMALI 79

Həsənova E.İ., Nəzərov R.H.

HEKSEN-1-İNDEN BİRGƏ OLİQOMERLƏRİNİN TERMOMEXANİKİ
DAVAMLİĞİNİN TƏDQIQI 89

Həsənova N.S.

XROMUN (VI) 2-HİDROKS-5-HALOGENTİOFENOL VƏ ANİLİNLƏ
SPEKTROFOTOMETRİK TƏYİNİ 95

Hüseynova L.S., Əliyeva K.A., Vəliyeva G.Ə., Haqverdiyeva R.R.

QALAKTOZEMİYALI XƏSTƏLƏRDƏ VƏ YENİDOĞULMUŞLARDA
QLÜKOZA-6-FOSFATDEHİDROGENAZA (Q6FD) FERMENT ÇATIŞMAZLIĞI .. 103

İbrahimov H.İ., Zəlov Ə.Z., Quliyev K.Ə.

BİOLOJİ ANALİZ METODLARI 110

Kamilova N.S.

ABŞERON YARIMADASINDA MİŞAR DAŞI KARXANALARININ TİPOLOJİ
TƏSNİFATI 117

Məmmədov Ş.M., Axundzadə H.N., Məmmədov C.Ş., Xankişiyeva R.F.,

Məmmədova R.R., Azadəliyev A.İ.

TEXNİKİ KARBONUN ELASTOMERLƏRİN STRUKTUR VƏ
XASSƏLƏRİNƏ TƏSİRİ 124

Məmmədova V.C. Cd _{1-x} Zn _x O NAZİK TƏBƏQƏLƏRİNİN ELEKTRİK VƏ FOTOELEKTRİK XASSƏLƏRİ	132
Musayev N.İ. İNSANLARDA METABOLİZMİN (MADDƏLƏR MÜBADİLƏSİNİN) SÜRƏTİ	141
Nəbiyev A.Ə. Ba _{0,8} Sr _{0,2} TiO ₃ SEQNETOELEKTRİK TƏBƏQƏLƏR ƏSASINDA ALINMIŞ METAL-DİELEKTRİK-YARIMKEÇİRİCİ (MDY) STRUKTURLARIN DİELEKTRİK XASSƏLƏRİ	148
Salayeva N.N., Əliyeva K.Ə., Rəsulov E.M. AUTOSOM-DOMİNANT İRSİYYƏT TIPLI KARDİOMİOPATİYA DİAQNOZLU XƏSTƏDƏ TNNT2 GENİNİN MOLEKULYAR TƏDQIQI	155
Tağiyeva S.Ə. BACILLUS CİNSLİ BAKTERİYALARIN ƏSASINDA YENİ BAKTERİOSİNLƏRİN SİNTEZİ ÜSULLARINA YENİ YANAŞMA	162
Təhməzova D.N. ABŞERONDA ÖRTÜLÜ ŞƏRAİTDƏ ECHINOPSIS MIRABILIS SPEG.-İN BÖYÜMƏ VƏ İNKİŞAF XÜSUSİYYƏTLƏRİ	169

СОДЕРЖАНИЕ

Математика

Абдуллаева А.М.

ОБ АБСОЛЮТНОЙ И РАВНОМЕРНОЙ СХОДИМОСТИ СПЕКТРАЛЬНОГО
РАЗЛОЖЕНИЯ ПО СОБСТВЕННЫМ ВЕКТОР-ФУНКЦИЯМ ОПЕРАТОРА
ДИРАКА 9

Касумова С.Г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБОБЩЕННОГО НЕРАВЕНСТВА ХАРДИ В ВЕСОВОМ
ПРОСТРАНСТВЕ ЛЕБЕГА СО СМЕШАННОЙ НОРМОЙ 22

Естественные науки

Абдурахманова С.М.

МЕЛАТОНИН И ЕГО РОЛЬ В РЕГУЛЯЦИИ ЦИРКАДИАННОГО РИТМА 35

Абдурахманова В.А.

ТЕРМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЙ SnSe и Sm_{1-x}Ce_xSnSe₂ (x = 0.02-0.5) 42

Багирова М.И.

ГРУППИРОВКА НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ В ЛЯНКЯРАНЬ-АСТАРИНСКОМ
ЭКОНОМИЧЕСКОМ РАЙОНЕ 51

Джалилов А.Г., Исмаилзаде И.Ш.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МЕЗОПЛАНКТОНА АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ
АКВАТОРИИ СРЕДНЕГО КАСПИЯ (ВИДОВОЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ
СОСТАВ) 60

Алиева С.Б.

ГИБРИДНЫЕ КОМПОЗИТЫ – ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ 69

Ализаде Г.А.

ОБЗОР ФАУНЫ ЭРИТРОИДНЫХ КЛЕЩЕЙ (ACARIFORMES: ACTINEDIDA:
ERYTHRAEIDAE), НАЙДЕННЫХ В ЕСТЕСТВЕННОМ РАЙОНЕ БОЛЬШОГО
КАВКАЗА 79

Гасанова Э.И., Назаров Р.Х.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ
СООЛИГОМЕРОВ ГЕКСЕНА-1 С ИНДЕНОМ 89

Гасанова Н.С.

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХРОМА (VI)
2-ГИДРОКСИ-5-ГАЛОГЕНТИОФЕНОЛОМ В ПРИСУТСТВИИ АНИЛИНА 95

Гусейнова Л.С., Алиева К.А., Велиева Г.А., Агвердиева Р.Р.

ДЕФИЦИТ ФЕРМЕНТА ГЛЮКОЗО-6-ФОСФАТГИДРОГЕНАЗЫ (G6PD) У
ПАЦИЕНТОВ С ГАЛАКТОЗЕМИЕЙ У НОВОРОЖДЕННЫХ 103

Ибрагимов Г.И., Залов А.З., Кулиев К.А.

МЕТОДЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА 110

Камилова Н.С.

ТИПОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ КАРЬЕРОВ ПИЛЕННЫХ КАМНЕЙ
НА АПШЕРОНСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ 117

Мамедов Ш.М., Ахундаде Г.Н., Мамедов Д.Ш., Ханкишиева Р.Ф.,

Мамедова Р.Р., Азадалиев А.И.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА
ЭЛАСТОМЕРОВ 124

Мамедова В.Дж. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК Cd _{1-x} Zn _x O	132
Мусаев Н.И. СКОРОСТЬ МЕТАБОЛИЗМА (ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ) У ЛЮДЕЙ	141
Набиев А.А. ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МДП СТРУКТУР НА ОСНОВЕ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЁНОК Ba _{0,8} Sr _{0,2} TiO ₃	148
Салаева Н.Н., Алиева К.А., Расулов Э.М. МОЛЕКУЛЯРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНА TNNT2 У БОЛЬНОГО С ДИАГНОЗОМ КАРДИОМИОПАТИЯ АУТОСОМНО-ДОМИНАНТНЫМ ТИПОМ НАСЛЕДОВАНИЯ	155
Тагиева С.А. НОВЫЙ ПОДХОД К ПОЛУЧЕНИЮ БАКТЕРИОЦИНОВ НА ОСНОВЕ БАКТЕРИЙ РОДА <i>BACILLUS</i>	162
Тахмазова Д.Н. ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ECHINOPSIS MIRABILIS SP. EG. В ЗАКРЫТОМ УСЛОВИИ В АПШЕРОНЕ	169

TABLE OF CONTENTS

Mathematics

<i>Abdullayeva A.M.</i> ON ABSOLUTE AND UNIFORM CONVERGENCE OF SPECTRAL EXPANSION IN EIGEN VECTOR-FUNCTIONS OF DIRAC OPERATOR	9
<i>Gasimova S.H.</i> INVESTIGATION OF GENERALIZED HARDY INEQUALITY IN WEIGHTED LEBESGUE SPACES WITH THE MIXED NORM	22

Natural sciences

<i>Abdurahmanova S.M.</i> MELATONIN AND ITS ROLE IN REGULATING THE CIRCADIAN RHYTHM ...	35
<i>Abdurahmanova V.A.</i> THERMAL PROPERTIES OF SnSe and Sm _{1-x} Ce _x SnSe ₂ (x = 0.02-0.5) COMPOUNDS	42
<i>Baghirova M.I.</i> GROUPING OF SETTLEMENTS IN LANKARAN-ASTARA ECONOMIC REGION	51
<i>Jalilov A.G., Ismailzadeh I.Sh.</i> THE CURRENT STATE OF MESOPLANKTON IN THE AZERBAIJANI WATER AREA OF THE MIDDLE CASPIAN SEA (SPECIES AND QUANTITATIVE COMPOSITION)	60
<i>Aliyeva S.B.</i> HYBRID COMPOSITES – LITERATURE REVIEW	69
<i>Alizadeh G.A.</i> THE REVIEW OF THE FAUNA OF ERYTHRAEIDAE MITES (ACARIFORMES: ACTINEDIDA: ERYTHRAEIDAE) FOUND IN THE GREATER CAUCASUS REGION	79
<i>Hasanova E.I., Nazarov R.H.</i> RESEARCH OF THERMOMECHANICAL STABILITY OF COOLIGOMERS OF HEXEN-1 WITH INDEN	89
<i>Gasanova N.S.</i> SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF CHROMIUM (VI) 2- HYDROXY-5-HALOGENIOPHENOL IN THE PRESENCE OF ANILINE	95
<i>Huseynova L.S., Aliyeva K.A., Valieva G.A., Hagverdieva R.R.</i> GLUCOSE-6-PHOSPHATEHYDROGENASE (Q6FD) ENZYME DEFICIENCY IN PATIENTS WITH GALACTOSEMIA IN NEWBORNS	103
<i>Ibragimov H.I., Zalov A.Z., Kuliyeu K.A.</i> THE METHODS OF BIOLOGICAL ANALYSIES	110
<i>Kamilova N.S.</i> TYPOLOGICAL CLASSIFICATION OF SAWMILLS QUARRIES IN ABSHERON PENINSULA	117
<i>Mammadov Sh.M., Akhundzada H.N., Mammadov J.S., Khankishiyeva R.F., Mammadova R.R., Azadaliev A.I.</i> THE EFFECT OF TECHNICAL CARBON TO THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF ELASTOMERS	124

<i>Mammadova V.J.</i> ELECTRICAL AND PHOTOELECTRICAL PROPERTIES OF Cd _{1-x} Zn _x O FILMS	132
<i>Musayev N.I.</i> THE SPEED OF METHABOLISM (EXCHANGE OF SUBSTANCES) IN HUMANS	141
<i>Nabiyev A.A.</i> DIELECTRIC PROPERTIES OF MDS STRUCTURES BASED ON SEGNETOELECTRIC SHEETS Ba _{0,8} Sr _{0,2} TiO ₃	148
<i>Salayeva N.N., Aliyeva K.A., Rasulov E.M.</i> THE MOLECULAR RESEARCH TNNT2 GENE FOR THE PATIENT WITH AUTOSOME DOMINANT IN HERITED CARDIOMIOPATHY	155
<i>Taghiyeva S.A.</i> A NEW APPROACH TO OBTAINING BACTERIOCINS BASED ON BACTERIA OF THE GENUS <i>BACILLUS</i>	162
<i>Tahmazova D.N.</i> THE CHARACTERISTICS OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF ECHINOPSIS MIRABILIS, SPEG. INDOOR CONDITION IN ABSHERON	169

Riyaziyyat

УДК 517.9

А.М.Абдуллаева

*Азербайджанский государственный педагогический университет
ef.abdullayeva@inbox.ru*

ОБ АБСОЛЮТНОЙ И РАВНОМЕРНОЙ СХОДИМОСТИ СПЕКТРАЛЬНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ПО СОБСТВЕННЫМ ВЕКТОР-ФУНКЦИЯМ ОПЕРАТОРА ДИРАКА

Ключевые слова: оператор Дирака, собственная вектор-функция, абсолютная и равномерная сходимость

В работе рассматривается одномерный оператор Дирака на интервале $G = (0, \pi)$. Изучаются вопросы абсолютной и равномерной сходимости спектрального разложения по собственным вектор-функциям данного оператора.

Доказано необходимое и достаточное условие для равномерной сходимости спектрального разложения вектор-функции из класса $W_p^1(G)$, $p \geq 1$. Оценена скорость равномерной сходимости на $\bar{G} = [0, \pi]$.

Ə.M.Abdullayeva

DİRAK OPERATORUNUN MƏXSUSİ VEKTOR-FUNKSIYALARI ÜZRƏ SPEKTRAL AYRILIŞIN MÜTLƏQ VƏ MÜNTƏZƏM YİĞİLMASI HAQQINDA

Açar sözlər: Dirak operatoru, məxsusi vektor-funksiya, mütləq və müntəzəm yığılma

İşdə $G = (0, \pi)$ intervalında birölcülü Dirak operatoruna baxılır. Bu operatorun məxsusi vektor-funksiyaları üzrə spektral ayrılışın mütləq və müntəzəm yığılması tədqiq olunur.

$W_p^1(G)$, $p \geq 1$, sinfindən olan funksiyanın spektral ayrılışının müntəzəm yığılması üçün zəruri və kafi şərt isbat olunub. $\bar{G} = [0, \pi]$ parçasında müntəzəm yığılma sürəti qiymətləndirilib.

ON ABSOLUTE AND UNIFORM CONVERGENCE OF SPECTRAL EXPANSION IN EIGEN VECTOR-FUNCTIONS OF DIRAC OPERATOR

Keywords: *Dirac operator, eigen vector-function, absolute and uniform convergence*

In the paper an one-dimensional Dirac operator is considered on the interval $G = (0, \pi)$. Absolute and uniform convergence of spectral expansion in eigenfunctions of the given operator is studied.

A necessary and sufficient condition for uniform convergence of spectral expansion of a vector-function from the class $W_p^1(G)$, $p \geq 1$ is proved. The rate of uniform convergence on $\bar{G} = [0, \pi]$ is estimated.

1. Введение и формулировка результатов

Рассмотрим на интервале $G = (0, \pi)$ одномерный оператор Дирака

$$Du = B \frac{du}{dx} + P(x)u, \quad u(x) = (u^1(x), u^2(x))^T,$$

где $B = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}$, $P(x) = \text{diag}(p(x), q(x))$, причем $p(x)$ и $q(x)$

вещественные функции, принадлежащие в $L_r(0, \pi)$, $r > 1$.

Пусть $L_p^2(G)$, $p \geq 1$, пространство двухкомпонентных вектор-функций $f(x) = (f_1(x), f_2(x))^T$ с нормой

$$\|f\|_{p,2} = \left(\int_G |f(x)|^p dx \right)^{1/p}, \quad \left(\|f\|_{\infty,2} = \sup_G \text{vrai} |f(x)| \right),$$

$$|f(x)| = \left(|f_1(x)|^2 + |f_2(x)|^2 \right)^{1/2}$$

Очевидно, что при $f(x) \in L_p^2(G)$, $g(x) \in L_q^2(G)$, $p^{-1} + q^{-1} = 1$, $p \geq 1$, существует скалярное произведение

$$(f, g) = \int_G \langle f, g \rangle dx = \int_G \sum_{j=1}^2 f_j(x) \overline{g_j(x)} dx.$$

Через $W_p^1(G)$, $p \geq 1$, обозначим класс вектор-функций $f(x) \in L_p^2(G)$ для которых $f'(x) \in L_p^2(G)$. Норма вектор-функции $f(x) \in W_p^1(G)$ определяется равенством

$$\|f\|_{W_p^1(G)} = \|f\|_{L_p^2(G)} + \|f'\|_{L_p^2(G)}.$$

Следуя [1], под собственной вектор-функцией оператора D , отвечающей вещественному собственному значению λ , будем понимать любую тождественно не равную нулю вектор-функцию $y(x) = (y^1(x), y^2(x))^T$, которая абсолютно непрерывна на $\bar{G} = [0, \pi]$ и почти всюду в G удовлетворяет уравнению $Dy = \lambda y$.

Пусть $\{u_n(x)\}_{n=1}^\infty$ полная ортонормированная в $L_2^2(G)$ система, состоящая из собственных вектор-функций оператора D , и $\{\lambda_n\}_{n=1}^\infty$, $\lambda_n \in \mathbb{R}$, соответствующая система собственных значений.

Для любой вектор-функции $f(x) \in W_p^1(G)$, $p \geq 1$, введем частичную сумму ее спектрального разложения по системе $\{u_n(x)\}_{n=1}^\infty$:

$$\sigma_v(x, f) = \sum_{|\lambda_n| \leq v} f_n u_n(x) = \sum_{|\lambda_n| \leq v} (f, u_n) u_n(x), \quad v \geq 1.$$

Обозначим $R_v(x, f) = \sigma_v(x, f) - f(x)$ и

$$\overline{A_n(f)} = \langle Bu_n, f \rangle \Big|_0^\pi = \left(\overline{f_1(x) u_n^2(x)} - \overline{f_2(x) u_n^1(x)} \right) \Big|_0^\pi,$$

$$f(x) = (f_1(x), f_2(x))^T, \quad u_n(x) = (u_n^1(x), u_n^2(x))^T.$$

Главными результатами данной работы являются следующие теоремы.

Теорема 1. Пусть $p(x), q(x) \in L_r(G)$, $r > 1$ и вектор-функция $f(x)$ принадлежит к $W_p^1(G)$, $1 < p \leq \infty$. Тогда

а) для равномерной сходимости ряда

$$\sum_{n=1}^\infty |f_n| |u_n(x)|, \quad x \in \bar{G} \tag{1}$$

необходима и достаточна равномерная сходимость ряда

$$\sum_{|\lambda_n| \geq 1} |\lambda_n|^{-1} |A_n(f)| |u_n(x)|, \quad x \in \bar{G} \tag{2}$$

в) для равномерной сходимости на \bar{G} спектрального разложения

$$\sum_{n=1}^{\infty} f_n u_n(x) \quad (3)$$

необходима и достаточна равномерная сходимость ряда

$$\sum_{|\lambda_n| \geq 1} \lambda_n^{-1} A_n(f) u_n(x), \quad x \in \overline{G} \quad (4)$$

с) если $A_n(f) = 0, n = 1, 2, \dots$, то спектральное разложение (3) вектор-функции $f(x)$ сходится абсолютно и равномерно на $\overline{G} = [0, \pi]$ и справедливы оценки

$$\|R_v(\cdot, f)\|_{C[0, \pi]} \leq \text{const } v^{-\delta} \left\{ \|Pf\|_{r, 2} + \|f\|_{W_p^1(G)} \right\}, \quad (5)$$

$$\|R_v(\cdot, f)\|_{C[0, \pi]} = o(v^{-\delta}), \quad v \rightarrow +\infty, \quad (6)$$

где $\delta = \min\left\{1/q, 1/r', \frac{1}{2}\right\}$, $p^{-1} + q^{-1} = 1, r^{-1} + r'^{-1} = 1$, const не зависит от f , а символ «о» зависит от f .

Теорема 2. Пусть $p(x), q(x) \in L_r(G), r > 1, f(x) \in W_1^1(G)$ и для некоторого $n_0 \geq 1$ сходится числовой ряд

$$\sum_{n=n_0}^{\infty} n^{-1} \omega_1(f', n^{-1}). \quad (7)$$

Тогда все утверждения теоремы 1 остаются в силе. При этом вместо оценки (5), (6) будет верна оценка

$$\|R_v(\cdot, f)\|_{C[0, \pi]} \leq \text{const} \left\{ v^{-\alpha} \|Pf\|_{r, 2} + \left[v^{-1} \|f\|_{W_1^1(G)} + \sum_{n=[v]}^{\infty} n^{-1} \omega_1(f', n^{-1}) \right] (1 + \|P\|_1) \right\}, \quad (8)$$

где

$$\alpha = \min\left\{\frac{1}{2}, \frac{1}{r'}\right\}, \quad r^{-1} + r'^{-1} = 1, \quad \omega_1(g, \delta) = \sup_{0 < h \leq \delta} \int_0^{\pi-h} |g(x+h) - g(x)| dx,$$

$$\|P\|_1 = \int_0^{\pi} (|p(x)| + |q(x)|) dx.$$

Замечание 1. Если $r = 2$, система $\{u_n(x)\}_{n=1}^{\infty}$ и вектор-функция $f(x) = (f_1(x), f_2(x))^T$ удовлетворяют одному из самосопряженных условий

$$u^1(0) = u^2(\pi) = 0; \quad (9)$$

$$u^1(0) + \omega u^1(\pi), \quad \bar{\omega} u^2(0) + \beta_1 u^1(\pi) + u^2(\pi) = 0; \quad (10)$$

$$\beta_2 u^1(0) + u^2(0) + \omega u^1(\pi) = 0, \quad -\omega u^1(0) + \beta_3 u^1(\pi) + u^2(\pi) = 0 \quad (11)$$

где $\beta_i, i = \overline{1,3}$ – произвольные вещественные числа, а $\omega \neq 0$ – произвольное комплексное число, то $A_n(f) = 0, n = 1, 2, \dots$

2. Доказательство результатов

Доказательство теоремы 1. Будем рассматривать все суммы только для номеров n , для которых $|\lambda_n| \geq 1$, ибо конечное число членов рядов (1), (3), отвечающих собственным значениям $|\lambda_n| < 1$, не влияют на сходимость этих рядов. Конечность числа собственных значений, удовлетворяющих условию $|\lambda_n| < 1$ следует из неравенства

$$\sum_{\tau \leq |\lambda_n| \leq \tau+1} 1 \leq const, \quad \forall \tau \geq 0, \quad (12)$$

доказанная в работе [2].

Так как, собственная вектор-функция $u_n(x)$ удовлетворяет уравнению $Du_n = \lambda_n u$, то для коэффициента Фурье вектор-функции $f(x) \in W_p^1(G), p \geq 1$, по системе $\{u_n(x)\}_{n=1}^{\infty}$ справедливо ($\lambda_n \neq 0$)

$$\begin{aligned} \overline{f_n} &= (u_n, f) = \int_0^{\pi} \langle u_n(x), f(x) \rangle dx = \frac{1}{\lambda_n} \int_0^{\pi} \langle Du_n(x), f(x) \rangle dx = \\ &= \frac{1}{\lambda_n} \int_0^{\pi} \langle Bu'_n(x), f(x) \rangle dx + \frac{1}{\lambda_n} \int_0^{\pi} \langle P(x)u_n(x), f(x) \rangle dx. \end{aligned}$$

Проводя интегрирование по частям в первом интеграле, получаем

$$\begin{aligned} (u_n, f) &= \int_0^\pi \langle u_n(x), f(x) \rangle dx = \lambda_n^{-1} \langle Bu_n(x), f(x) \rangle \Big|_0^\pi - \lambda_n^{-1} \int_0^\pi \langle Bu_n(x), f'(x) \rangle dx + \\ &+ \lambda_n^{-1} \int_0^\pi \langle P(x), u_n(x), f(x) \rangle dx = \lambda_n^{-1} \overline{A_n(f)} - \lambda_n^{-1} \int_0^\pi \langle Bu_n(x), f'(x) \rangle dx + \\ &+ \lambda_n^{-1} \int_0^\pi \langle P(x), u_n(x), f(x) \rangle dx. \end{aligned}$$

Следовательно, при $|\lambda_n| \geq 1$ для коэффициента Фурье f_n вектор-функции $f(x) \in W_p^1(G)$, $p \geq 1$ справедлива формула

$$f_n = (f, u_n) = \lambda_n^{-1} A_n(f) - \lambda_n^{-1} (B^* f', u_n) + \lambda_n^{-1} (P^* f', u_n) \quad (13)$$

где

$$B^* = \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad P^*(x) = P(x) = \begin{pmatrix} p(x) & 0 \\ 0 & q(x) \end{pmatrix}.$$

Докажем, что при $1 < p \leq 2$ ряды

$$\sum_{|\lambda_n| \geq 1} |\lambda_n|^{-1} |(B^* f', u_n)| |u_n(x)| \quad (14)$$

$$\sum_{|\lambda_n| \geq 1} |\lambda_n|^{-1} |(Pf, u_n)| |u_n(x)| \quad (15)$$

равномерно сходятся на $\overline{G} = [0, \pi]$.

Так как, в силу ортонормированности системы $\{u_n(x)\}_{n=1}^\infty$ в $L_2^2(G)$ выполняются

$$\|u_n\|_{\infty, 2} \leq C \|u_n\|_{2, 2} = C, \quad (16)$$

$$\|u_n\|_{q, 2} \leq C_1 \|u_n\|_{\infty, 2} \leq C_2, \quad 1 \leq q < \infty, \quad (17)$$

где C, C_1, C_2 некоторые постоянные (см. [2]), то для равномерной сходимости рядов (14) и (15) достаточно доказать сходимость числовых рядов

$$\sum_{|\lambda_n| \geq 1} |\lambda_n|^{-1} \left| (B^* f', u_n \|u_n\|_{q, 2}^{-1}) \right|, \quad (18)$$

$$\sum_{|\lambda_n| \geq 1} |\lambda_n|^{-1} \left| (Pf, u_n \|u_n\|_{\gamma, 2}^{-1}) \right|, \quad (19)$$

где $\gamma = \min\{2, r\}$, $\gamma^{-1} + \gamma'^{-1} = 1$.

Функции $B^* f'(x)$ и $P(x)f(x)$ принадлежат соответственно пространствам $L_p^2(G)$ и $L_\gamma^2(G)$. Системы $\left\{u_n(x)\|u_n\|_{q,2}^{-1}\right\}_{n=1}^\infty$ и $\left\{u_n(x)\|u_n\|_{\gamma',2}^{-1}\right\}_{n=1}^\infty$ являются риссовыми соответственно в $L_p^2(G)$ и $L_\gamma^2(G)$ (см. [3]). Поэтому в силу неравенства Рисса и Гельдера из (18) и (19) получаем

$$\begin{aligned} & \sum_{|\lambda_n| \geq 1} |\lambda_n|^{-1} \left| (B^* f', u_n \|u_n\|_{q,2}^{-1}) \right| \leq \\ & \leq \left(\sum_{|\lambda_n| \geq 1} |\lambda_n|^{-p} \right)^{1/p} \left(\sum_{|\lambda_n| \geq 1} \left| (B^* f', u_n \|u_n\|_{q,2}^{-1}) \right|^q \right)^{1/q} \leq \\ & \leq C_3 \|B^* f'\|_{p,2} \left(\sum_{|\lambda_n| \geq 1} |\lambda_n|^{-p} \right)^{1/p}; \end{aligned} \quad (20)$$

$$\begin{aligned} & \sum_{|\lambda_n| \geq 1} |\lambda_n|^{-1} \left| (Pf, u_n \|u_n\|_{\gamma',2}^{-1}) \right| \leq \\ & \leq \left(\sum_{|\lambda_n| \geq 1} |\lambda_n|^{-\gamma} \right)^{1/\gamma} \left(\sum_{|\lambda_n| \geq 1} \left| (Pf, u_n \|u_n\|_{\gamma',2}^{-1}) \right|^{\gamma'} \right)^{1/\gamma'} \leq \\ & \leq C_4 \|Pf\|_{\gamma,2} \left(\sum_{|\lambda_n| \geq 1} |\lambda_n|^{-\gamma} \right)^{1/\gamma}. \end{aligned} \quad (21)$$

Из неравенства (12) следует, что ряд $\sum_{|\lambda_n| \geq 1} |\lambda_n|^{-\theta}, \theta > 1$, сходится. Следовательно из (20) и (21) следует, что ряды (14) и (15) сходятся равномерно относительно $x \in \overline{G}$.

Пусть ряд (1) равномерно сходится на \overline{G} . Тогда в силу равенства (13) и равномерной сходимости рядов (14), (15) получаем, что ряд (2) также сходится равномерно на \overline{G} . Наоборот, если ряд (2) сходится равномерно на \overline{G} , то в силу равномерной сходимости рядов (14), (15) и из равенства (13) следует равномерная сходимость ряда (1). Пункт а)

теоремы 1 при $1 < p \leq 2$ доказан. А при $p > 2$ справедливость этого пункта следует из $W_p^1(G) \subset W_2^1(G)$, $p > 2$.

Теперь докажем пункт в). Из равномерной сходимости рядов (14) и (15) на \overline{G} следует, что ряды

$$\sum_{|\lambda_n| \geq 1} |\lambda_n|^{-1} (B^* f', u_n) u_n(x), \quad (22)$$

$$\sum_{|\lambda_n| \geq 1} |\lambda_n|^{-1} (Pf, u_n) u_n(x) \quad (23)$$

равномерно сходятся на \overline{G} .

Пусть ряд (3) равномерно сходится на \overline{G} . Тогда равномерно сходится и ряд $\sum_{|\lambda_n| \geq 1} f_n u_n(x)$. В силу критерия Коши для любого $\varepsilon > 0$

существует число $N_0(\varepsilon)$ такое, что для любых $N_1, N_2 \geq N_0$ выполняются ($N_1 < N_2$) неравенства

$$\left| \sum_{N_1 \leq |\lambda_n| \leq N_2} |\lambda_n|^{-1} (B^* f', u_n) u_n(x) \right| < \varepsilon / 3, \quad (24)$$

$$\left| \sum_{N_1 \leq |\lambda_n| \leq N_2} |\lambda_n|^{-1} (Pf, u_n) u_n(x) \right| < \varepsilon / 3, \quad (25)$$

$$\left| \sum_{N_1 \leq |\lambda_n| \leq N_2} f_n u_n(x) \right| < \varepsilon / 3. \quad (26)$$

В силу (12) из равенства (13) следует

$$\begin{aligned} \sum_{N_1 \leq |\lambda_n| \leq N_2} \lambda_n^{-1} A_n(f) u_n(x) &= \sum_{N_1 \leq |\lambda_n| \leq N_2} f_n u_n(x) + \\ + \sum_{N_1 \leq |\lambda_n| \leq N_2} \lambda_n^{-1} (B^* f', u_n) u_n(x) &- \sum_{N_1 \leq |\lambda_n| \leq N_2} \lambda_n^{-1} (P^* f, u_n) u_n(x). \end{aligned} \quad (27)$$

Следовательно, из (24)-(27) получаем, что

$$\left| \sum_{N_1 \leq |\lambda_n| \leq N_2} \lambda_n^{-1} A_n(f) u_n(x) \right| < \varepsilon,$$

т.е. ряд (4) равномерно сходится на \overline{G} .

Пусть ряд (4) равномерно сходится по $x \in \overline{G}$. Тогда, в силу критерия Коши для любого $\varepsilon > 0$ можно указать число $N_0(\varepsilon)$ такое, что

для любых $N_1, N_2 > N_0(\varepsilon)$, ($N_2 > N_1$), выполнялись неравенства (24), (25) и

$$\left| \sum_{N_1 \leq |\lambda_n| \leq N_2} \lambda_n^{-1} A_n(f) u_n(x) \right| < \varepsilon/3, \quad x \in \overline{G}.$$

Отсюда и из равенства (27) следует, $\left| \sum_{N_1 \leq |\lambda_n| \leq N_2} f_n u_n(x) \right| < \varepsilon$, что показывает

равномерную сходимость ряда (3) на \overline{G} . Пункт в) доказано.

Теперь докажем пункт с) теоремы 1. Если $A_n(f) = 0$ $n = 1, 2, \dots$, то из пункта в) следует равномерная сходимость ряда (3). В силу полноты системы $\{u_n(x)\}_{n=1}^{\infty}$ в $L_2^2(G)$ и непрерывности $f(x)$, этот ряд равномерно сходится именно к функции $f(x)$, т.е. справедливо равенство

$$f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} f_n(x) u_n(x), \quad x \in \overline{G}. \quad (28)$$

Докажем справедливость оценки (5). В силу равенства (28)

$$\begin{aligned} \|R_v(\cdot, f)\|_{C[0, \pi]} &= \|f - \sigma_v(\cdot, f)\|_{C[0, \pi]} = \\ &= \left\| \sum_{n=1}^{\infty} f_n u_n(\cdot) - \sum_{|\lambda_n| \leq v} f_n u_n(\cdot) \right\|_{C[0, \pi]} = \left\| \sum_{|\lambda_n| > v} f_n u_n(\cdot) \right\|_{C[0, \pi]}. \end{aligned}$$

Применяя оценки (16), (17), учитывая равенство (13) и условия $A_n(f) = 0$, $n = 1, 2, \dots$, получаем (см. (14), (15), (18), (19), (20), (21))

$$\begin{aligned} \|R_v(\cdot, f)\| &\leq C_5 \left(\sum_{|\lambda_n| \geq v} \left| (B^* f', u_n \|u_n\|_{q,2}^{-1})^q \right| \right)^{1/q} \left(\sum_{|\lambda_n| \geq v} |\lambda_n|^{-p} \right)^{1/p} + \\ &+ C_6 \left(\sum_{|\lambda_n| \geq v} \left| (Pf, u_n \|u_n\|_{\gamma',2}^{-1})^{\gamma'} \right| \right)^{1/\gamma'} \left(\sum_{|\lambda_n| \geq v} |\lambda_n|^{-\gamma} \right)^{1/\gamma} \leq \quad (29) \\ &\leq C_7 \|B^* f'\|_{p,2} \left(\sum_{|\lambda_n| \geq v} |\lambda_n|^{-p} \right)^{1/p} + C_8 \|Pf\|_{\gamma,2} \left(\sum_{|\lambda_n| \geq v} |\lambda_n|^{-\gamma} \right)^{1/\gamma}. \end{aligned}$$

Так как, в силу (12)

$$\begin{aligned} \left(\sum_{|\lambda_n| \geq v} |\lambda_n|^{-p} \right)^{1/p} &\leq \left(\sum_{k=[v]}^{\infty} \sum_{k \leq |\lambda_n| \leq k+1} |\lambda_n|^{-p} \right)^{1/p} \leq \\ &\leq \text{const} \left(\sum_{k=[v]}^{\infty} k^{-p} \right)^{1/p} \leq C_9 v^{-\frac{1}{q}}, \\ \left(\sum_{|\lambda_n| \geq v} |\lambda_n|^{-\gamma} \right)^{1/\gamma} &\leq C_{10} v^{-\frac{1}{\gamma'}}, \end{aligned}$$

то из (29) получаем оценку (5).

Для обоснования оценки (6) достаточно заметить, что в (29) суммы рядов $\sum_{|\lambda_n| \geq v} \left| (B^* f', u_n \|u_n\|_{q,2}^{-1}) \right|^q$ и $\sum_{|\lambda_n| \geq v} \left| (Pf, u_n \|u_n\|_{\gamma',2}^{-1}) \right|^{\gamma'}$ являются $o(1)$

при $v \rightarrow +\infty$.

Теорема 1 полностью доказана.

Доказательство теоремы 2. Пусть

$p(x), q(x) \in L_r(G), r > 1, f(x) \in W_1^1(G)$ и числовой ряд (7) сходится. Так как, $B^* f' \in L_1^2(G), Pf \in L_r^2(G), r > 1$, то достаточно доказать равномерную сходимость только для ряда (14) (равномерная сходимость ряда (15) при $Pf \in L_r^2(G), r > 1$, уже установлена в доказательстве теоремы 1). С этой целью оценим коэффициенты Фурье функции $B^* f$, т.е. $(B^* f, u_n)$. Для этого применим формулу (см. [2])

$$\begin{aligned} u_n(t) &= (\cos \lambda_n t \cdot I - \sin \lambda_n t \cdot B) u_n(0) + \\ &+ \int_0^t (\sin \lambda_n(t - \xi) \cdot I + \cos \lambda_n(t - \xi) \cdot B) P(\xi) u_n(\xi) d\xi. \end{aligned}$$

В результате имеем

$$\begin{aligned} (u_n, B^* f) &= \int_0^\pi \langle u_n(x), B^* f(x) \rangle dx = \int_0^\pi \langle (\cos \lambda_n t \cdot I - \sin \lambda_n t \cdot B) u_n(0), B^* f(t) \rangle dt + \\ &+ \int_0^\pi \left\langle \int_0^t (\sin \lambda_n(t - \xi) \cdot I + \cos \lambda_n(t - \xi) \cdot B) P(\xi) u_n(\xi) d\xi, B^* f(t) \right\rangle dt = T_1 + T_2. \end{aligned}$$

В силу оценки (16) и равенства $B^* f = (-f_2, f_1)^T$, получаем

$$\begin{aligned}
 |T_1| &\leq |u_n(0)| \left\{ \left| \int_0^\pi \cos \lambda_n t \overline{f_2(t)} dt \right| + \left| \int_0^\pi \sin \lambda_n t \overline{f_2(t)} dt \right| + \right. \\
 &\quad \left. + \left| \int_0^\pi \cos \lambda_n t \overline{f_1(t)} dt \right| + \left| \int_0^\pi \sin \lambda_n t \overline{f_1(t)} dt \right| \right\} \leq \\
 &\leq C \left\{ \left| \int_0^\pi \cos \lambda_n t \overline{f_2(t)} dt \right| + \left| \int_0^\pi \sin \lambda_n t \overline{f_2(t)} dt \right| + \right. \\
 &\quad \left. + \left| \int_0^\pi \cos \lambda_n t \overline{f_1(t)} dt \right| + \left| \int_0^\pi \sin \lambda_n t \overline{f_1(t)} dt \right| \right\}.
 \end{aligned}$$

Учитывая здесь неравенства (см. [4], лемма 2)

$$\begin{aligned}
 &\left| \int_0^\pi \cos \lambda_n t \overline{g(t)} dt \right|, \left| \int_0^\pi \sin \lambda_n t \overline{g(t)} dt \right| \leq \\
 &\leq \text{const} \left\{ \omega_1(g, |\lambda_n|^{-1}) + |\lambda_n|^{-1} \|g\|_1 \right\}, \quad |\lambda_n| \geq 4,
 \end{aligned}$$

где $g(x) \in L_1(G)$, получаем

$$|T_1| \leq \text{const} \left\{ \omega_1(B^* f, |\lambda_n|^{-1}) + |\lambda_n|^{-1} \|B^* f\|_{1,2} \right\}, \quad |\lambda_n| \geq 4.$$

Оценим интеграл T_2 . Очевидно, что

$$\begin{aligned}
 |T_2| &= \left| \int_0^\pi \left\langle \int_0^t (\sin \lambda_n(t-\xi) \cdot I + \cos \lambda_n(t-\xi) \cdot B) P(\xi) u_n(\xi) d\xi, B^* f(t) \right\rangle dt \right| \leq \\
 &\leq \left| \int_0^\pi p(\xi) u_n^1(\xi) \left(\int_\xi^\pi \overline{f_2(t)} \sin \lambda_n(t-\xi) dt \right) d\xi \right| + \left| \int_0^\pi q(\xi) u_n^2(\xi) \left(\int_\xi^\pi \overline{f_1(t)} \sin \lambda_n(t-\xi) dt \right) d\xi \right| + \\
 &+ \left| \int_0^\pi q(\xi) u_n^2(\xi) \left(\int_\xi^\pi \overline{f_2(t)} \cos \lambda_n(t-\xi) dt \right) d\xi \right| + \left| \int_0^\pi p(\xi) u_n^1(\xi) \left(\int_\xi^\pi \overline{f_1(t)} \cos \lambda_n(t-\xi) dt \right) d\xi \right|,
 \end{aligned}$$

где $u_n(\xi) = (u_n^1(\xi), u_n^2(\xi))^T$.

Применяя для внутренних интегралов неравенство

$$\left| \int_\xi^\pi g(t) \begin{Bmatrix} \sin \lambda_n(t-\xi) \\ \cos \lambda_n(t-\xi) \end{Bmatrix} dt \right| \leq \text{const} \left\{ \omega_1(g_\xi, |\lambda_n|^{-1}) + |\lambda_n|^{-1} \|g\|_1 \right\},$$

$$|\lambda_n| \geq 4, \quad g(t) \in L_1(G),$$

и оценку (см. [5], неравенство (19)) $\omega_1(g_\xi, \delta) \leq \text{const} \{ \omega_1(g, \delta) + \delta \|g\|_1 \}$,

где

$$g_\xi(z) = \begin{cases} g(z + \xi), & 0 \leq z \leq \pi - \xi \\ 0 & \pi - \xi < z \leq \pi, \end{cases}$$

получим, что

$$\begin{aligned} |T_2| &\leq \text{const} \|u_n\|_{\infty,2} \int_0^\pi \{ |p(x)| + |q(x)| \} dx \times \\ &\times \left\{ \omega_1(B^* f, |\lambda_n|^{-1}) + |\lambda_n|^{-1} \|B^* f\|_{1,2} \right\}, \quad |\lambda_n| \geq 4. \end{aligned}$$

Так как $\|u_n\|_{\infty,2} \leq \text{const}$, то

$$|T_2| \leq \text{const} \|P\|_1 \left\{ \omega_1(B^* f, |\lambda_n|^{-1}) + |\lambda_n|^{-1} \|B^* f\|_{1,2} \right\}.$$

Следовательно, при $|\lambda_n| \geq 4$ выполняется оценка

$$\left| (B^* f, u_n) \right| \leq \text{const} \left\{ \omega_1(B^* f, |\lambda_n|^{-1}) + |\lambda_n|^{-1} \|B^* f\|_{1,2} \right\} (1 + \|P\|_1), \quad |\lambda_n| \geq 4. \quad (30)$$

Теперь докажем равномерную сходимость ряда (14) на \bar{G} . В силу оценок (16), (30) и равенства $\omega_1(B^* f, |\lambda_n|^{-1}) = \omega_1(f, |\lambda_n|^{-1})$ получаем

$$\begin{aligned} \sum_{|\lambda_n| \geq \mu} |\lambda_n|^{-1} \left| (B^* f, u_n) u_n(x) \right| &\leq \sum_{|\lambda_n| \geq \mu} |\lambda_n|^{-1} (B^* f, u_n) \|u_n\|_{\infty,2} \leq \\ &\leq \text{const} \sum_{|\lambda_n| \geq \mu} \left\{ |\lambda_n|^{-1} \omega_1(B^* f, |\lambda_n|^{-1}) + |\lambda_n|^{-2} \|B^* f\|_{1,2} \right\} (1 + \|P\|_1) \leq \\ &\leq \text{const} (1 + \|P\|_1) \left(\sum_{|\lambda_n| \geq \mu} |\lambda_n|^{-1} \omega_1(f, |\lambda_n|^{-1}) + \|B^* f\|_{1,2} \sum_{|\lambda_n| \geq \mu} |\lambda_n|^{-2} \right), \end{aligned}$$

где $\mu \geq 4$.

Оценим каждый из рядов в правой части этого неравенства. В силу оценки (12) и сходимости ряда (7) получаем

$$\begin{aligned} \sum_{|\lambda_n| \geq \mu} |\lambda_n|^{-1} \omega_1(f, |\lambda_n|^{-1}) &\leq \sum_{k=[\mu]}^{\infty} \sum_{k \leq |\lambda_n| \leq k+1} |\lambda_n|^{-1} \omega_1(f, |\lambda_n|^{-1}) \leq \\ &\leq \sum_{k=[\mu]}^{\infty} k^{-1} \omega_1(f, k^{-1}) \left(\sum_{k \leq |\lambda_n| \leq k+1} 1 \right) \leq \text{const} \sum_{k=[\mu]}^{\infty} k^{-1} \omega_1(f, k^{-1}) < \infty; \end{aligned}$$

$$\sum_{|\lambda_n| \geq \mu} |\lambda_n|^{-2} \leq \text{const} \sum_{k=[\nu]}^{\infty} k^{-2} \leq \text{const} \mu^{-1}.$$

Следовательно, ряд (14) сходится равномерно на \overline{G} и его остаток не превосходит величины

$$\text{const} \left(1 + \|P\|_1 \right) \left\{ \sum_{k=[\mu]}^{\infty} k^{-1} \omega_1(f, k^{-1}) + \|B^* f\|_{1,2} \mu^{-1} \right\}.$$

Таким образом, при условиях теоремы 2 ряды (14) и (15) равномерно сходятся на \overline{G} . Основываясь на этом и воспользовавшись равенством (13) завершаем доказательство теоремы 2 по той же схеме, которая продемонстрирована в доказательстве теоремы 1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильин В.А. Покомпонентная равносходимость с тригонометрическим рядом разложений по корневым вектор-функциям оператора Шредингера с матричным неэрмитовым потенциалом, все элементы которого только суммируемы // Дифференциальные уравнения, 1991, Т.27, №11, с.1862-1878
2. Курбанов В.М. О бесселевости и безусловной базисности систем корневых вектор-функций оператора Дирака // Дифференциальные уравнения, 1996, Т.32, №12, с.1608-1617
3. Kurbanov V.M., Ismailova A.I. Riesz inequality for systems of root vector functions of the Dirac operator // Differ. Equ., 2012, v.48, No 3, pp.336-342
4. Kurbanov V.M., Safarov R.A. On uniform convergence of orthogonal expansions in eigen functions of Sturm-Liouville operator // Trans. of NAS of Azerbaijan 2004, v. XXIV, No1, pp.161-168
5. Kurbanov V.M., Safarov R.A. Uniform convergence of biorthogonal expansion responding to the Schrodinger operator // Proc. of IMM of NAS of Azerbaijan, 2004, v. XX, pp.67-70

УДК 517.5

С.Г.Касумова

*Азербайджанский государственный педагогический университет
sabina.qasimova.84@mail.ru*

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБОБЩЕННОГО НЕРАВЕНСТВА ХАРДИ В ВЕСОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ ЛЕБЕГА СО СМЕШАННОЙ НОРМОЙ

Ключевые слова: обобщенное неравенство Харди, нелинейные дифференциальные уравнения, пространство Лебега со смешанной нормой, абсолютно непрерывные функции двух переменных

Основной целью работы является нахождение для двумерного оператора Харди через системы нелинейных дифференциальных уравнений в весовом пространстве Лебега со смешанной нормой. В частности доказано, что весовые функции являются коэффициентами системы нелинейных дифференциальных уравнений, которые входят в оценку двумерного оператора Харди в этом пространстве.

S.H.Qasimova

QARIŞIQ NORMALI ÇƏKİLİ LEBEQ FƏZASINDA ÜMİMİLƏŞMİŞ HARDİ BƏRABƏRSİZLİYİNİN TƏDQIQI

Açar sözlər: ümümləşmiş Hardi bərabərsizliyi, qeyri-xətti diferensial bərabərsizliklər, qarışıq normalı Lebeq fəzası, ikidəyişənli mütləq kəsilməz funksiyalar

İşin əsas məqsədi qarışıq normalı çəkili Lebeq fəzasında qeyri-xətti diferensial tənliklər vasitəsilə iki ölçülü Hardi operatorunun tapılmasıdır. Xüsusilə də, isbat olunur ki, fəzada qeyri-xətti diferensial tənliklər sisteminin əmsalı olan çəkili funksiyalar iki ölçülü Hardi operatorunun qiymətləndirilməsinə daxildir.

S.H.Gasimova

INVESTIGATION OF GENERALIZED HARDY INEQUALITY IN WEIGHTED LEBESGUE SPACES WITH THE MIXED NORM

Keywords: generalized Hardy inequality, nonlinear differential equations, Lebesgue spaces with mixed norm, absolutely continuous functions of two variables

The main goal of paper is to find a criteria for two dimensional Hardy operator via a system of nonlinear differential equations in weighted Lebesgue spaces with mixed norm. In particular, it is proved that the weight functions that are the

coefficients of a system of nonlinear differential equations are included in the two-dimensional Hardy operator in this space.

При исследовании теоремы вложения в произвольных открытых множествах появляется потребность в многомерном операторе Харди. А это в свою очередь требует оценить оператор в различных весовых функциональных пространствах. Среди этих пространств важное место занимает весовое пространство Лебега. Оценка многомерного оператора Харди в весовых пространствах Лебега берет начало с работ [2] и [3]. С другой стороны, многомерный оператор Харди имеет приложения в спектральной теории операторов, в теории дифференциальных уравнений с частными производными, в теории функциональных пространств и др. (см. [4,5,10]). Поэтому получение оценки для многомерного оператора Харди в пространстве Лебега является актуальной задачей.

В работе доказывается связь системы нелинейных дифференциальных уравнений с двумерным оператором Харди в весовом пространстве Лебега со смешанной нормой. Другими словами, доказывается, что весовые функции, участвующие в определении весового пространства Лебега со смешанной нормой, связывают эту систему с двумерным оператором Харди в этом пространстве.

Теперь перейдем к изложению некоторых обозначений и вспомогательных фактов.

Пусть $1 < p_1, p_2 < \infty$ и $1 < q_1, q_2 < \infty$, $p_i(t), q_i(t)$ – весовые функции, определенные на $(0, \infty)$, т.е. измеримые по Лебегу, почти всюду положительные и конечные функции на $(0, \infty), i = 1, 2$.

Предположим $p'_i = \frac{p_i}{p_i - 1}$ и $q'_i = \frac{q_i}{q_i - 1}$, где $i = 1, 2$. Всюду в дальнейшем будем считать, что рассмотренные функции являются измеримыми по Лебегу.

Пусть $f: (0, \infty)^2 \rightarrow \mathbb{R}$ произвольная измеримая функция где $(0, \infty)^2 = (0, \infty) \times (0, \infty)$

Определим весовое пространство Лебега со смешанной нормой. Это пространство обозначается через $L_{(p_1, p_2, \rho_1, \rho_2)}[(0, \infty)^2]$ и состоит из функций, для которых конечна норма [6].

$$\|f\|_{L_{(p_1, p_2, \rho_1, \rho_2)}[(0, \infty)^2]} = \left(\int_0^\infty \left(\int_0^\infty f(x_1, x_2)^{p_1} \rho_1(x_1) dx_1 \right)^{\frac{p_2}{p_1}} \rho_2(x_2) dx_2 \right)^{\frac{1}{p_2}}$$

Через $C^1(0, \infty)$ обозначается пространство непрерывно дифференцируемых функций на $(0, \infty)$. Множество всех абсолютно непрерывных функций на каждом компакте интервала $(0, \infty)$ обозначается через $AC^{loc}(0, \infty)$.

Пусть $v_i(t), \omega_i(t)$ – весовые функции, определенные на $(0, \infty)$, $v_i \in C^1(0, \infty)$ и $\lambda_i > 0$ некоторые заданные числа $i = 1, 2$. Рассмотрим систему обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} \lambda_1 \frac{d}{dt} \left([v_1(t)]^{\frac{q_1}{p_1}} [y_1'(t)]^{\frac{q_1}{p_1}} \right) + \omega_1(t) [y_1(t)]^{\frac{q_1}{p_1}} = 0, \\ \lambda_2 \frac{d}{dt} \left([v_2(t)]^{\frac{q_2}{p_2}} [y_2'(t)]^{\frac{q_2}{p_2}} \right) + \omega_2(t) [y_2(t)]^{\frac{q_2}{p_2}} = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где $y_i(t) > 0, y_i'(t) > 0 (t > 0), y_i'(t) \in AC^{loc}(0, \infty), i = 1, 2$ (2)

Под решением задачи (1) – (2) будем понимать пару функций $(y_1(t), y_2(t))$ которая почти всюду на $(0, \infty)$ удовлетворяет системе (1) и условию (2). Основной теоремой работы является.

Теорема 1. Пусть $1 < p_i < q_i < \infty, v_i(t), \omega_i(t)$ – весовые функции, определенные на $(0, \infty)$ и $v_i \in C^1(0, \infty)$, где $i = 1, 2$. Тогда для разрешимости задачи (1) – (2) необходимо и достаточно, существование постоянной $C_0 > 0$ такой, что выполняется неравенство

$$\|u\|_{L_{(g_1, g_2, \omega_1, \omega_2)}[(0, \infty)^2]} \leq C_0^{\frac{1}{q_2}} \left\| \frac{\partial^2 u}{\partial x_1 \partial x_2} \right\|_{L_{(p_1, p_2, v_1, v_2)}[(0, \infty)^2]}, \quad (3)$$

где $U: (0, \infty)^2 \rightarrow \mathbb{R}$ – произвольная абсолютно непрерывная функция двух переменных удовлетворяющая условию

$$\begin{cases} u(x_1, 0) = \lim_{t_2 \rightarrow +0} u(x_1, t_2) = 0, \\ u(0, x_2) = \lim_{t_1 \rightarrow +0} u(t_1, x_2) = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Теорема 2. Пусть $1 < p_i \leq q_i < \infty, v_i(t), \omega_i(t)$ – весовые функции, определенные на $(0, \infty)$ $v_i \in C^1(0, \infty)$ и $\lambda_i > 0, i = 1, 2$. Предположим, что задача (1) – (2) имеет решение $y_i(t), i = 1, 2$. Тогда имеет место неравенство:

$$\|u\|_{L_{(q_1, q_2, \omega_1, \omega_2)}[(0, \infty)^2]} \leq \lambda_1^{\frac{1}{q_1}} \lambda_2^{\frac{1}{q_2}} \left\| \frac{\partial^2 u}{\partial x_1 \partial x_2} \right\|_{L_{(p_1, p_2, v_1, v_2)}[(0, \infty)^2]}, \quad (5)$$

где $U: (0, \infty)^2 \rightarrow \mathbb{R}$ произвольная абсолютно непрерывная функция переменных, которая удовлетворяет условию (4).

Доказательство. Хорошо известно, что для любой абсолютно непрерывной функции двух переменных имеет место представление (см. [8], с. 246).

$$\begin{aligned} u(x_1, x_2) = & u(0, 0) + \\ & \int_0^{x_1} \frac{\partial u(a_1, 0)}{\partial a_1} da_1 + \\ & \int_0^{x_2} \frac{\partial u(0, a_2)}{\partial a_2} da_2 + \\ & \int_0^{x_1} \int_0^{x_2} \frac{\partial^2 u(a_1, a_2)}{\partial a_1 \partial a_2} da_1 da_2. \end{aligned} \quad (6)$$

Очевидно, что из условий (4) следует

$$u(0, 0) = \lim_{\substack{t_1 \rightarrow 0 \\ t_2 \rightarrow 0}} u(t_1, t_2) = 0.$$

Поэтому из равенства (6) в силу (4) получаем

$$u(x_1, x_2) = \int_0^{x_1} \int_0^{x_2} \frac{\partial^2 u(a_1, a_2)}{\partial a_1 \partial a_2} da_1 da_2.$$

Отметим, что последнее представление определяет двумерный оператор Харди [7]. Предположим, что функция $y(x_1, x_2) = (y_1(x_1), y_2(x_2))$ является решением задачи (1) – (2). Тогда в силу неравенства Гёльдера, имеем

$$|u(x_1, x_2)|^{q_1} \omega_1(x_1) = \left| \int_0^{x_1} \int_0^{x_2} \frac{\partial^2 u}{\partial t_1 \partial t_2} dt_1 dt_2 \right|^{q_1} \omega_1(x_1) \leq$$

$$\begin{aligned}
 & \leq \left(\int_0^{x_1} \int_0^{x_2} \left| \frac{\partial^2 u}{\partial t_1 \partial t_2} \right| dt_1 dt_2 \right)^{q_1} \\
 & = \left(\int_0^{x_1} \int_0^{x_2} \left| \frac{\partial^2 u}{\partial t_1 \partial t_2} \right| [y'_1(t_1)]^{\frac{1}{p_1}} [y'_1(t_1)]^{-\frac{1}{p_1}} dt_1 dt_2 \right)^{q_1} \omega_1(x_1) = \\
 & = \left[\int_0^{x_1} \left(\int_0^{x_2} \left| \frac{\partial^2 u}{\partial t_1 \partial t_2} \right| [y'_1(t_1)]^{-\frac{1}{p_1}} dt_2 \right) [y'_1(t_1)]^{\frac{1}{p_1}} dt_1 \right]^{q_1} \omega_1(x_1) \leq \\
 & \leq \left(\int_0^{x_1} y'_1(t_1) dt_1 \right)^{\frac{q_1}{p_1}} \left(\int_0^{x_1} \left(\int_0^{x_2} \left| \frac{\partial^2 u}{\partial t_1 \partial t_2} \right| [y'_1(t_1)]^{-\frac{1}{p_1}} dt_2 \right)^{p_1} dt_1 \right)^{\frac{q_1}{p_1}} \omega_1(x_1) \leq \\
 & \leq \omega_1(x_1) (y_1(x_1))^{\frac{q_1}{p_1}} \left(\int_0^{x_1} \left(\int_0^{x_2} \left| \frac{\partial^2 u}{\partial t_1 \partial t_2} \right| [y'_1(t_1)]^{-\frac{1}{p_1}} dt_2 \right)^{p_1} dt_1 \right)^{\frac{q_1}{p_1}} = \\
 & = \\
 & -\lambda_1 \frac{d}{dx_1} \left([v_1(x_1)]^{\frac{q_1}{p_1}} [y'_1(x_1)]^{\frac{q_1}{p_1}} \right) \left(\int_0^{x_1} \left(\int_0^{x_2} \left| \frac{\partial^2 u}{\partial t_1 \partial t_2} \right| [y'_1(t_1)]^{-\frac{1}{p_1}} dt_2 \right)^{p_1} dt_1 \right)^{\frac{q_1}{p_1}} = \\
 & = \\
 & \left(\int_0^{x_1} \left[-\lambda_1 \frac{d}{dx_1} \left([v_1(x_1)]^{\frac{q_1}{p_1}} [y'_1(x_1)]^{\frac{q_1}{p_1}} \right) \right]^{\frac{q_1}{p_1}} \left(\int_0^{x_2} \left| \frac{\partial^2 u}{\partial t_1 \partial t_2} \right| [y'_1(t_1)]^{-\frac{1}{p_1}} dt_2 \right)^{p_1} dt_1 \right)^{\frac{q_1}{p_1}} \quad (7)
 \end{aligned}$$

Интегрируя обе части неравенство (7) по переменной x_1 и применяя обобщенное неравенство Минковского, имеем

$$\begin{aligned}
 & \left(\int_0^\infty |u(x_1, x_2)|^{q_1} \omega_1(x_1) dx_1 \right)^{\frac{p_1}{q_1}} \leq \\
 & \leq \left\{ \int_0^\infty \left(\int_0^{x_1} \left[-\lambda_1 \frac{d}{dx_1} \left([v(x_1)]^{\frac{q_1}{p_1}} [y_1'(x_1)]^{\frac{q_1}{p_1}} \right) \right]^{\frac{q_1}{p_1}} \times \right. \right. \\
 & \times \left. \left. \left(\int_0^{x_2} \left| \frac{\partial^2 u}{\partial t_1 \partial t_2} \right| [y_1'(t_1)]^{-\frac{1}{p_1}} dt_2 \right)^{p_1} dt_1 \right)^{\frac{q_1}{p_1}} dx_1 \right\}^{\frac{p_1}{q_1}} \leq \\
 & \leq \int_0^\infty \left(\int_0^\infty -\lambda_1 \frac{d}{dx_1} \left([v_1(x_1)]^{\frac{q_1}{p_1}} [y_1'(x_1)]^{\frac{q_1}{p_1}} \right) \times \right. \\
 & \times \left. \left(\int_0^{x_2} \left| \frac{\partial^2 u}{\partial t_1 \partial t_2} \right| \frac{1}{p_1} [y_1'(t_1)]^{-\frac{1}{p_1}} dt_2 \right)^{q_1} dx_1 \right)^{\frac{p_1}{q_1}} dt_1 = \\
 & = \int_0^\infty \left(\int_0^{x_2} \left| \frac{\partial^2 u}{\partial t_1 \partial t_2} \right| [y_1'(t_1)]^{-\frac{1}{p_1}} dt_2 \right)^{p_1} \times \\
 & \times \left(\int_0^\infty -\lambda_1 \frac{d}{dx_1} \left([v_1(x_1)]^{\frac{q_1}{p_1}} [y_1'(x_1)]^{\frac{q_1}{p_1}} \right) dx_1 \right)^{\frac{p_1}{q_1}} dt_1 \leq \\
 & \leq \int_0^\infty \left(\int_0^{x_2} \left| \frac{\partial^2 u}{\partial t_1 \partial t_2} \right| [y_1'(x_1)]^{-\frac{1}{p_1}} dt_2 \right)^{p_1} \left[\lambda_1 [v_1(t_1)]^{\frac{q_1}{p_1}} [y_1'(t_1)]^{\frac{p_1}{q_1}} \right] dt_1 = \\
 & = \lambda_1^{\frac{p_1}{q_1}} \int_0^\infty \left(\int_0^{x_2} \left| \frac{\partial^2 u}{\partial t_1 \partial t_2} \right| dt_2 \right)^{p_1} [y_1'(t_1)]^{-\frac{p_1}{p_1}} v_1(t_1) [y_1'(t_1)]^{\frac{p_1}{q_1}} dt_1 = \\
 & = \lambda_1^{\frac{p_1}{q_1}} \int_0^\infty \left(\int_0^{x_2} \left| \frac{\partial^2 u}{\partial t_1 \partial t_2} \right| dt_2 \right)^{p_1} v_1(t_1) dt_1 .
 \end{aligned}$$

Таким образом, получили неравенство

$$\left(\int_0^\infty |u(x_1, x_2)|^{q_1} \omega_1(x_1) dx_1\right)^{\frac{1}{q_1}} \leq \lambda_1^{\frac{1}{q_1}} \left(\int_0^\infty \left(\int_0^{x_2} \left|\frac{\partial^2 u}{\partial t_1 \partial t_2}\right| dt_2\right)^{p_1} v_1(t_1) dt_1\right)^{\frac{1}{p_1}}$$

Снова применяя обобщенное неравенство Минковского, получаем

$$\left(\int_0^\infty \left(\int_0^{x_2} \left|\frac{\partial^2 u}{\partial t_1 \partial t_2}\right| dt_2\right)^{p_1} v_1(t_1) dt_1\right)^{\frac{1}{p_1}} \leq \int_0^{x_2} \left(\int_0^\infty \left|\frac{\partial^2 u}{\partial t_1 \partial t_2}\right|^{p_1} v_1(t_1) dt_1\right)^{\frac{1}{p_1}} dt_2.$$

Таким образом,

$$\left(\int_0^\infty |u(x_1, x_2)|^{q_1} \omega_1(x_1) dx_2\right)^{\frac{1}{q_1}} \leq \lambda_1^{\frac{1}{q_1}} \int_0^{x_2} \left(\int_0^\infty \left|\frac{\partial^2 u}{\partial t_1 \partial t_2}\right|^{p_1} v_1(t_1) dt_1\right)^{\frac{1}{p_1}} dt_2.$$

Дальше, из последнего неравенства получим

$$\left(\int_0^\infty |u(x_1, x_2)|^{q_1} \omega_1(x_1) dx_2\right)^{\frac{q_2}{q_1}} \omega_2(x_2) \leq \lambda_1^{\frac{q_2}{q_1}} \omega_2(x_2) \left(\int_0^{x_2} \left(\int_0^\infty \left|\frac{\partial^2 u}{\partial t_1 \partial t_2}\right|^{p_1} v_1(t_1) dt_1\right)^{\frac{1}{p_2}} dt_2\right)^{q_2}.$$

Теперь оценим выражение

$$\omega_2(x_2) \left(\int_0^{x_2} \left(\int_0^\infty \left|\frac{\partial^2 u}{\partial t_1 \partial t_2}\right|^{p_1} v_1(t_1) dt_1\right)^{\frac{1}{p_1}} dt_2\right)^{q_2}.$$

Повторяя процесс доказательства неравенства (7), имеем

$$\begin{aligned} & \omega_2(x_2) \left(\int_0^{x_2} \left(\int_0^\infty \left| \frac{\partial^2 u}{\partial t_1 \partial t_2} \right|^{p_1} v_1(t_1) dt_1 \right)^{\frac{1}{p_1}} dt_2 \right)^{q_2} \leq \\ & \leq \left(\int_0^{x_2} \left[-\lambda_2 \frac{d}{dx_2} \left([v_2(x_2)]^{\frac{q_2}{p_2}} [y_1'(x_1)]^{\frac{q_2}{p_2}} \right) \right]^{\frac{p_2}{q_2}} \times \right. \\ & \left. \times \left(\int_0^\infty \left| \frac{\partial^2 u}{\partial t_1 \partial t_2} \right|^{p_1} v_1(t_1) [y_2'(t_2)]^{-\frac{1}{p_2}} dt_1 \right)^{\frac{p_2}{p_1}} dt_2 \right)^{\frac{q_2}{p_2}}. \end{aligned}$$

Поэтому

$$\begin{aligned} & \left(\int_0^\infty |u(x_1, x_2)|^{q_1} \omega_1(x_1) dx_1 \right)^{\frac{q_1}{q_1}} \omega_2(x_2) \leq \\ & \leq \lambda_1^{\frac{q_2}{q_1}} \left(\int_0^{x_2} \left[-\lambda_2 \frac{d}{dx_2} \left([v_2(x_2)]^{\frac{q_2}{p_2}} [y_1'(x_1)]^{\frac{q_2}{p_2}} \right) \right]^{\frac{p_2}{q_2}} \times \left(\int_0^\infty \left| \frac{\partial^2 u}{\partial t_1 \partial t_2} \right|^{p_1} v_1(t_1) [y_2'(t_2)]^{-\frac{1}{p_2}} dt_1 \right)^{\frac{p_1}{p_1}} dt_2 \right)^{\frac{q_2}{p_2}}. \end{aligned}$$

Интегрируя обе части последнего неравенство по переменной x_2 и применяя обобщенное неравенство Минковского получим неравенство (5).

Положим

$$M_i = \frac{p_i'}{q_i} \inf_{t > 0} \sup \frac{1}{g_i(t) - \int_0^t (v_i(s))^{1-p_i} ds} \int_0^t \omega_i(s) (g_i(s))^{\frac{q_i}{p_i} + 1} ds, \quad (8)$$

где инфимум берется по всем измеримым функциям g_i таким, что для всех $t > 0$

$$g_i(t) > \int_0^1 (v_i(s))^{1-p_i} ds, \quad i = 1, 2$$

Следующая лемма устанавливает связь задачи (1) – (2) с числами M_i ($i = 1, 2$).

Лемма. Пусть $\lambda_i > 0$ – числа, заданные в теореме 1 и M_i – величины, определенные равенством (8), $i = 1, 2$. Предположим, что v_i и

ω_i – весовые функции, определенные на $(0, \infty)$, и для всех $t \in (0, \infty)$ существует производная $v'_i(t)$. Тогда следующие утверждения эквивалентны:

- a) если задача (1) – (2) имеет решение с локально абсолютно непрерывным производным первого порядка, то $\lambda_i \geq M_i$;
- b) если $M_i < +\infty$, то задача (1) – (2) имеет решение для каждого $\lambda_i > M_i, i = 1, 2$.

Доказательство. Докажем пункт (a). Пусть $y(t) = (y_1(t), y_2(t))$ является решением задачи (1) - (2). Возьмем $\omega_i = \frac{y_i}{y'_i} v_i^{1-p_i}$. Тогда функция $\omega(t) = (\omega_1(t), \omega_2(t))$ является положительным решением системы

$$\begin{cases} u'_1(t) = \frac{p'_1}{q_1 \lambda_1} \omega_1(t) (\omega_1(t))^{\frac{q_1}{p_1} + 1} + [v_1(t)]^{1-p'_1}, \\ u'_2(t) = \frac{p'_2}{q_2 \lambda_2} \omega_2(t) (\omega_2(t))^{\frac{q_2}{p_2} + 1} + [v_2(t)]^{1-p'_2}. \end{cases} \quad (9)$$

Из (9) вытекает, что

$$\omega_i(t) \geq \int_0^t u'_i(s) ds = \frac{p'_i}{q_i \lambda_i} \int_0^t \omega_i(s) (\omega_i(s))^{\frac{q_i}{p_i} + 1} ds + \int_0^t [v_i(s)]^{1-p'_i} ds, i = 1, 2. \quad (10)$$

Из (10) получим $\omega_i(t) \geq \int_0^t [v_i(s)]^{1-p'_i} ds$ и

$$\lambda_i \geq \frac{p'_i}{q_i} \frac{1}{\omega_i(t) - \int_0^t [v_i(s)]^{1-p'_i} ds} \int_0^t \omega_i(s) (\omega_i(s))^{\frac{q_i}{p_i} + 1} ds. \quad (11)$$

Из (11) и (8) вытекает, что $\lambda_i \geq M_i$ и доказательство пункта (a) завершено.

Теперь докажем пункт (b). Фиксируем числа $\lambda_i > M_i, i = 1, 2$. По определению величин M_i существуют лебегово измеримые функции $g_i(x_i)$ такие, что

$$g_i(x_i) \geq \int_0^t (v_i(s))^{1-p'_i} ds + \frac{p'_i}{q_i \lambda_i} \int_0^t \omega_i(s) (\omega_i(s))^{\frac{q_i}{p_i} + 1} ds, i = 1, 2. \quad (12)$$

Определим последовательность функций $\omega_{n,i}(t), (i = 1, 2)$ следующим образом:

$$\begin{aligned} \omega_{0,i}(t) &= g_i(t) , \omega_{n+1,i}(t) = \\ &= \int_0^t (v_i(s))^{1-p'_i} ds + \frac{p'_i}{q_i \lambda_i} \int_0^t \omega_i(s) (\omega_{n,i}(s))^{\frac{q_i+1}{p_i}} ds , n \in N . \end{aligned} \quad (13)$$

Из (12) вытекает, что $\omega_{0,i}(t) \geq \omega_{1,i}(t)$. Положим $\omega_{n-1,i}(t) \geq \omega_{n,i}(t)$. Докажем, что последовательности $\{\omega_{n,1}(t)\}$ и $\{\omega_{n,2}(t)\}$ являются убывающими. Имеем

$$\omega_{n,i}(t) - \omega_{n+1,i}(t) = \frac{p'_i}{q_i \lambda_i} \int_0^t \omega_i(s) \left[(\omega_{n-1,i}(s))^{\frac{q_i+1}{p_i}} - (\omega_{n,i}(s))^{\frac{q_i+1}{p_i}} \right] ds \geq 0 .$$

Так как $\omega_{n,i}(t) \geq 0$, то последовательности (13) сходятся. Обозначим их пределы через $\omega_i(t)$. По теореме Леви о монотонной сходимости отсюда следует, что ω_i являются неотрицательными решениями уравнений

$$\omega_i(t) = \int_0^t (v_i(s))^{1-p'_i} ds + \frac{p'_i}{q_i \lambda_i} \int_0^t \omega_i(s) (\omega_{n,i}(s))^{\frac{q_i+1}{p_i}} ds , \quad i = 1, 2 .$$

Отсюда получаем что ω_i являются абсолютно непрерывными и удовлетворяют дифференциальным уравнениям

$$\omega'_i(t) = (v_i(s))^{1-p'_i} + \frac{p'_i}{q_i \lambda_i} \omega_i(s) (\omega_{n,i}(s))^{\frac{q_i+1}{p_i}} , \quad i = 1, 2 .$$

Поэтому функции

$$y_i(t) = e^{\int_{a_i}^t [\omega_i(s)]^{-1} (v_i(s))^{1-p'_i} ds} , \quad i=1,2,$$

Удовлетворяют условиям задачи (1) – (2) .

Теорема 3. Пусть $1 < p_i \leq q_i < \infty$, $M_i < \infty$ и $v_i(t), \omega_i(t)$ - весовые функции, определенные на $(0, \infty)$, где $i = 1, 2$. Предположим, что $C > 0$ наименьшая постоянная такая, что имеет место неравенство

$$\|u\|_{L_{(q_1, q_2, \omega_1, \omega_2)}[(0, \infty)^2]} \leq C^{\frac{1}{q_2}} \left\| \frac{\partial^2 u}{\partial x_1 \partial x_2} \right\|_{L_{(p_1, p_2, v_1, v_2)}[(0, \infty)^2]} , \quad (14)$$

где $U: (0, \infty)^2 \rightarrow \mathbb{R}$ - произвольная абсолютно непрерывная функция двух переменных, которая удовлетворяет условию (4). Тогда $C \leq M_1 M_2$.

Доказательство. Обозначим $\frac{\partial^2 u}{\partial x_1 \partial x_2} = r(x_1, x_2)$. Далее, при выполнении условий (4) получим

$$u(x_1, x_2) = \int_0^{x_1} \int_0^{x_2} r(x_1, x_2) dt_1 dt_2 .$$

Очевидно, что

$$C = \sup \int_0^\infty \left(\int_0^\infty \left(\int_0^{x_1} \int_0^{x_2} r(t_1, t_2) dt_1 dt_2 \right)^{q_1} \omega_1(x_1) dx_1 \right)^{\frac{q_2}{q_1}} \omega_2(x_2) dx_2 , \quad (15)$$

где супремум берется по всем измеримым положительным функциям r таким, что

$$\int_0^\infty \left(\int_0^\infty (r(x_1, x_2))^{p_1} v_1(x_1) dx_1 \right)^{\frac{p_2}{p_1}} v_2(x_2) dx_2 = 1. \quad (16)$$

Предположим обратное. Пусть $C > M_1 M_2$. Тогда существуют числа $\mu_1 > 0$ и $\mu_2 > 0$ такие, что $\sqrt{C} > \mu_i > M_i$, $i = 1, 2$

Так как $M_i < \infty$, то в силу пункта (b) леммы задача (1) – (2) имеет решение. Поэтому в силу теоремы 2 получим, что неравенство (5)

справедливо с постоянной $\mu_1^{\frac{1}{q_1}} \mu_2^{\frac{1}{q_2}}$ для каждой абсолютно непрерывной функций $u(x_1, x_2)$ удовлетворяющей условию (4). Отсюда следует, что C не является наименьшей постоянной в неравенстве (14). Полученное противоречие доказывает теорему 3.

Следствие 1. Пусть выполняется все условия теоремы 2. Тогда по определению чисел M_i ($i = 1, 2$).

$$C \leq \frac{p'_i}{q_i} \sup_{t>0} \frac{1}{g_i(t) - \int_0^t [v_i(s)]^{1-p'_i} ds} \int_0^t \omega_i(s) (g_i(s))^{p'_i+1} ds .$$

где g_i положительные измеримые функции такие, что

$$g_i(t) > \int_0^t (v_i(s))^{1-p'_i} ds .$$

Следствие 2. Пусть

$$B_i = \sup_{x_i>0} \int_{x_i}^\infty \omega_i(s) ds \left[\int_0^{x_i} (v_i(s))^{1-p'_i} ds \right]^{\frac{q_i}{p'_i}}, \quad i = 1, 2 .$$

Тогда

$$B_1 B_2 \leq C \leq M_1 M_2 \leq \prod_{i=1}^2 (q_i (q'_i)^{\frac{q_i}{p_i}}) B_1 B_2, \quad (17)$$

$$M_1 M_2 \leq \prod_{i=1}^2 \left(q_i (q'_i)^{\frac{q_i}{p_i}} \right) \cdot C$$

Замечание. Из следствия 2 вытекает, что для справедливости неравенства (14), необходимо и достаточно, чтобы $B_i < +\infty, i = 1, 2$. В одномерном случае неравенство типа Харди подробно изучено в монографии [10] (см. также [5]).

Следствие 3. Пусть выполняются все условия теоремы 1. Предположим что

$$p_1 = p_2 = p \text{ и } q_1 = q_2 = q.$$

Тогда теорема 1 справедлива в обычном весовом пространстве Лебега с весами

$$v(x_1, x_2) = v_1(x_1)v_2(x_2) \text{ и } \omega(x_1, x_2) = \omega_1(x_1)\omega_2(x_2)$$

Теорема 4. Пусть $1 < p_1 \leq q(x_1) \leq \bar{q}_1 < \infty$ и $1 < p_2 \leq q_2(x_2) \leq \bar{q}_2 < \infty$

Предположим, что v_i и ω_i - весовые функции, определенные на $(0, \infty)$ и для всех $t \in (0, \infty)$ существует производная $\omega_i''(t)$. Тогда следующие утверждения эквивалентны:

a) существует положительное решение следующей системы с локально абсолютно непрерывным производным первого порядка уравнения

$$\begin{cases} \left\| \left\| v_1 y_1^{\frac{1}{p_1}} \right\| \right\|_{L_{q_1(x_1)}(x_1 > t)} - \lambda_1 \omega_1(t) (y_1'(t))^{\frac{1}{p_1}} = 0, \\ \left\| \left\| v_2 y_2^{\frac{1}{p_2}} \right\| \right\|_{L_{q_2(x_2)}(x_2 > t)} - \lambda_2 \omega_1(t) (y_2'(t))^{\frac{1}{p_2}} = 0, \\ y_i(t) > 0, y_i'(t) > 0, y_i \in AC(0, \infty), \lambda_i > 0; \end{cases}$$

b) имеет место весовая оценка

$$\| \| u \|_{q_1, x_1, x_2} \|_{q_2, x_1, x_2} \leq C_0 \left\| \left\| \frac{\partial^2 u}{\partial x_1 \partial x_2} \right\| \right\|_{p_1 \omega_1} \|_{p_2 \omega_2},$$

где $u \in AC(R_{++}^2)$,

$$u(0, x_2) = \lim_{x_1 \rightarrow +0} u(x_1, x_2) = 0 ,$$
$$u(x_1, 0) = \lim_{x_2 \rightarrow +0} u(x_1, x_2) = 0 .$$

$C_0 > 0$ – постоянная не зависящая от u и $R_{++}^2 = (0, \infty) \times (0, \infty)$.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Соболев С.Л.* Некоторые применения функционального анализа в математической физике. Л.: Изд. ЛГУ, 1950, 255 с.
2. *Селов В.Н.* Весовые пространства. Теорема вложения // Дифференциальные уравнения, 1972, Т. 8, № 8, с.1452-1462
3. *Сысоева Ф.А.* Обобщение некоторого неравенства Харди / Изд. вузов. Сер.мат., 1965, Т.49, № 6, с.140-143
4. *Никольский Ю.С.* К задаче Дирихле для уравнения с вырождением на бесконечности / Дифференциальные уравнения, 1967, Т.3. № 7, с.1166-1179
5. *Мазья В.Г.* Пространства С.Л.Соболева. Л.: Изд. ЛГУ, 1985, с.415
6. *Venedek A., Panzone B.* The spaces L_p , with mixed norm / Duke Math. 1961, v.28, No 3, pp.302-324
7. *Шарапулинов И.И.* О монологе пространства $Z^{p(t)}([0,1])$ / Мат. заметки 1979, Т. 26, №4, с.613-637
8. *Смирнов В.И.* Курс высшей математики. Т.5, М.: Физматгиз, 1959, 655 с.
9. *Kufner A., Persson L.E.* Weighted inequalities of Hardy type. Now versey – London. World Scientific Publishing, 2003
10. *Харди Г.Г., Литтльвуд Д.Е., Полиа Г.П.* Неравенства. М.: Издательство иностранной литературы, 1948

Təbiət elmləri

UOT 612.43

S.M.Abdurəhmanova
Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti
hr.adpu23@gmail.com

MELATONİN VƏ ONUN SİRKADİAN RİTMİN TƏNZİMLƏNMƏSİNDƏ ROLU

Açar sözlər: melatonin, sirkadian ritm, supraxiazmatik nüvə

Melatonin – orqanizmin peysmeyker sisteminin əsas komponentidir. Sirkadian ritmin formalaşdırılması və tənziminin əsas hissəsini təşkil edir, “ışıq-qaranlıq” periodu ilə birlikdə onların sinxronlaşmasını gerçəkləşdirir. Melatonin mərkəzi ossilyator – hipotalamusun suproxiazmatik nüvələrində olduğu kimi, periferik toxumalarda da bioloji saatin əsas genlərinin ekspressiyasını modulyasiya edir.

S.M.Абдурахманова

МЕЛАТОНИН И ЕГО РОЛЬ В РЕГУЛЯЦИИ ЦИРКАДИАННОГО РИТМА

Ключевые слова: мелатонин, циркадианные ритмы, супрахиазматическое ядро

Мелатонин – основной компонент пейсмекерной системы организма. Он принимает участие в формировании и регулировании циркадианного ритма, осуществляет их синхронизацию с циклом «свет-темнота». Мелатонин модулирует экспрессию ключевых генов биологических часов, как в центральном осцилляторе – супрахиазматических ядрах гипоталамуса, так и в периферических тканях.

S.M.Abdurahmanova

MELATONIN AND ITS ROLE IN REGULATING THE CIRCADIAN RHYTHM

Keywords: melatonin, circadian rhythm, suprachiasmatic nucleus

Melatonin is the main component of the body's pacemaker system. It takes part in the creation and adjustment of circadian rhythms, carries out their synchronization with the cycle "light-darkness". Melatonin modulates the expression of key genes of a biological clock as in the central oscillator – the suprachiasmatic nucleus of the hypothalamus, as in peripheral tissues.

Bioloji ritmlərin bir çox təsnifatı vardır. Ən tanınmış təsnifatlar aşağı, orta və yüksək tezlikli bioritmlərdir (2). 0,5 saatdan az fasilə ilə olan bioritmlər yüksək tezlikli olaraq təsnif edilir (EKQ, EEQ və s.). Bu bioritm qrupları arasında saniyə, dekasaniyə, dekadəqiqə bioritmləri vardır. Orta tezlikli bioritmlər – bu ritmlər 0,5 saatdan 3 sutkaya qədərdir. Onlar ultradian (0,5 saatdan 20 saata qədər), sirkadian (sirkad) (20 saatdan 28 saata qədər) və infradian (28 saatdan 6 sutkaya qədər) ritmlərə ayrılır. Aşağı tezlikli bioritmlər 3 sutkadan çox fasilə ilə sirkaseptan (7 ± 3 sutka), sirkadiseptan (14 ± 3 sutka), sirkaviqintan (21 ± 3 sutka), sirkatriqintan (30 ± 5 sutka) və sirkannual (1 il ± 2 ay) bioritmlərə ayrılır.

Digər klassifikasiyaya görə, bioritmlər 5 əsas qrupa ayrılır: yüksək tezlikli ritmlər – saniyə hissələrindən 30 dəqiqəyə qədər (ritmlər molekulyar səviyyədə baş verir, EEQ, EKQ, nəfəs alma zamanı, bağırsağ peristaltikası və s.), orta tezlikli ritmlər (30 dəqiqədən 28 saata qədər) bura ultradian və sirkadian daxildir, uyğun olaraq 20 saat və 20-23 saat arasındadır, mezoritmlər (infradian və sirkaseptan) 28 saat və 6 gün davam edir, makroritmlər 20 gündən 1 ilə qədər, metaritmələr 10 il və daha çox fasilə ilə olan ritmlər (8).

Məməlilərdə hipotalamusun supraxiazmatik nüvələrində (SXN) yerləşən mərkəzi sirkadian saat daxili zamanlama qaydasını optimallaşdırmaq və aktivləşdirmək üçün ətraf mühitin 24 saatlıq işıq-qaranlıq siklinə görə əmələ gəlmiş fizioloji sirkadian ritmləri düzəldir. Sirkadian ritm yuxu və oyanıqlıq, temperatur, qidalanma, neyroendokrin və vegetativ təsirləri fizioloji və davranış ritmlərini ekoloji işıq-qaranlıq siklinə uyğun olan 24 saatlıq periodlar sinxronlaşdırır və bununla da daxili zamanlama qaydasının optimallaşdırmasını təşkil edir.

Həm heyvanlarda, həm də insanlarda melatonin yalnız gecələr ifraz olunur (2). Işıq SXN-i tənzimləyərək melatoninin sintezinə inhibisiya təsir göstərir. Melatonin sürətlə metabolizə edildiyi üçün gün ərzində plazmada melatoninin səviyyəsi aşağı, gecə isə yüksəkdir. Gecənin erkən saatlarında zəif işıqda melatoninin ifrazında ilkin dalğalar olan ləkəli melatonin başlanğıcı sirkadian fazanın davamlı və etibarlı bir ölçüsüdür (1).

Melatonin insanlar da daxil olmaqla fizioloji yuxu tənzimləyicisidir. İnsanlarda endogen melatoninin ifrazı adətən yuxudan 2 saat sonra kəskin yüksəlir. Bundan başqa gecə melatonin davamlı beynə və SXN daxil olmaqla müxtəlif orqanlara gecə uzunluğu haqqında məlumat verir. Normada olduğu kimi korlarda da yuxu ritmi sirkadian melatonin ritmi ilə sıx əlaqəlidir (7). Sirkadian saat və yuxunun tənzimlənməsində melatonin rolu bir çox xəstəliklərin xüsusilə sirkadian ritm və yuxu pozulması ilə müşayiət olunan neyrodegenerativ və ürək-damar xəstəliklərinin müalicəsində əhəmiyyətli rol oynaya bilər.

Melatonin işıq olmaması şəraitində SXN daxil olmaqla müxtəlif orqanlara bir vaxt təzahürü (siqnal işarəsi) kimi xidmət edir, yuxu-oyanıqlıq və neyroendokrin ritmlər 24 saat dövrünə daxil ola bilər. Ətraf mühitin gündüz dövrü ilə sinxronlaşdırıla bilməməsi səbəbi ilə periodik yuxu problemi yaranır (8).

Melatonin epifizin qaranlıq hormonu adlanaraq SXN-nin fəaliyyətində böyük məna kəsb edir. İnsanlarda SXN vacib əhəmiyyətli hədəf adlanır, çünki SXN yüksək sıxlıqda melatonin reseptor tərkiblidir (7). SXN-yə melatonin ikili təsir göstərir, yəni tez-təcili təsir və uzunmüddətli təsir. Melatonin dərhal təsiredici olaraq gecə saatlarında SXN-də neyronların fəallığını da aşağı salır. O, həmçinin siçovullar üzərində təcrübələrdə göstərildiyi kimi, SXN-də neyronlardan vazopressinin sekresiyasını azaldır (9).

İnsanlarda sirkadian mərhələlərdə SXN normal olaraq oyanmağı stimullaşdırdıqda yuxunun sürətlənməsi melatoninin digər bir təsiri (7,10). Melatoninin uzunmüddətli təsiri SXN-nin sirkadian ritmliyini dəyişə bilər və artırır.

Melatoninin əsas xüsusiyyətlərindən biri onun xronobiotik qabiliyyəti, bioloji proseslərin çoxsəviyyəli sinxronizasiyasını həyata keçirməsidir. Melatonin bir sıra genlərin, o cümlədən hüceyrə bioloji saatların əsas genlərinin ekspressiyasını əlaqələndirə bilər. Melatonin mərkəzi ossilyator – hipotalamusun SXN-də olduğu kimi, periferik toxumalarda da bioloji saatin (BS) əsas genlərinin ekspressiyasını modullaşdırır. Lakin bu təsirlər “kəskin” deyil və bir qayda olaraq 24 saatdan çox vaxt tələb olunur.

Gecə saatlarında təsir edən işıq melatoninin ifrazını azaldır, bu da hormonal balansda əhəmiyyətli dəyişikliklərə, desinxronozun inkişafına səbəb olur (3; 9). İnsanlarda melatoninin ifrazının azalması qocalma prosesində əhəmiyyətlidir, yaşla əlaqəli desinxronozun formalaşmasına xidmət edən amillərdən biridir (2). Bununla belə neyrodegenerativ xəstəliklərin inkişafı, xüsusilə Alshaymer xəstəliyi ilə birlikdə böyük dəyişikliklər ifadə edilir. Melatoninin səviyyəsinin azalması xroniki qeyri-infeksiyon, şəkərli diabetin 2 tipi, metabolik sindrom, ürəyin işemik xəstəliyi, arterial hipertenziya ilə əlaqəlidir. Alshaymer xəstəliyi fonunda bioloji mayelərdə melatoninin səviyyəsinin azalması erkən klinik əlamətlərə qədər olur (6). Alshaymer xəstəliyi zamanı melatoninin gecə ifrazının azalması yalnız sirkadian amplitudanın aşağı səviyyədə olması deyil, eyni zamanda qeyri-bərabər dinamikasının artması ilə müşayiət olunur (7).

Xronofarmakologiya və xronoterapiyanın maraqlı inkişafı insan xronotipin öyrənilməsi melatoninin tətbiqini təqdim edir (1). Melatoninin endogen istehsalını pozan amillər desinxronozun bu və ya digər formalarının inkişafına səbəb olur. Melatoninin tətbiqi insanlarda yalnız endogen sirkadian ritmlərin sinxronlaşması üçün əhəmiyyətli deyil, həm də kor fərdlərdə (5), demensiyalı xəstələrdə və növbəli işçilər üçün də əhəmiyyətlidir (4).

Melatoninin xronobiotik kimi əhəmiyyətini anlayan bir çox tədqiqatçı insan sirkadian ritmlərdə onun tətbiqini araşdırdı. Səhər və günortadan sonra melatoninin birləşməsinin administrasiyası yavaş inkişaf edən yuxu proqramı ilə yanaşı, sirkadian ritmləri gündə təxminən bir saat inkişaf etdirə bilər və çox az sirkadian uyğunsuzluq yaradır. Bu, yuxu fazasının gecikməsi üçün qəbul edilə bilər.

sirkadian saatların keçikmiş fazasına səbəb olur (1).

Sirkadian vaxt sistemində melatonin üçün çox vacib rol oynayan eksperimental sübutlara baxmayaraq melatoninin dəqiq rolu aydın şəkildə göstərilməyib. Melatonin və fəsli ritmlər məməlilər ilə sıx əlaqəlidir və bu yaxşı tədqiq olunmuşdur (7). Linkoln və işçiləri xüsusi təqvim hüceyrələrdə saat genlərinin müvəqqəti melatonin nəzarətində ifadə edilməsinə dair sübutlar vermişdir (10). Melatonin 24 saatlıq ritmi ifadənin əsasında duran sirkadian saatların sürüşməsinə və mərhələ dəyişikliklərini stimullaşdırır (induksiya edir). Melatonin məməlilərin dölü və yenidoğulmuşların (fetal və neonatal məməlilərin) sirkadian ritmləri üçün əsas siqnaldir.

Kor insanlarda işıq/qaranlıq informasiya endogen sirkadian kardiostimulyatora çatmır. Bu şəxslərin bir hissəsində sirkadian ritmlər (məs., melatonin və əsas bədən temperaturu) ətraf mühit ilə sinxronizasiya etmir. Melatoninlə (0,5-10 mq) müalicə kor insanlarda sirkadian ritmin düzəlməsi üçün istifadə edilə bilər. Bundan başqa melatonin sirkadian sistemə daxil edilmədən yuxu/oyanma vaxtını sabitləşdirə bilər (4). Melatoninin birdəfəlik 5 mq yeridilməsi nəticəsində əhəmiyyətli faza keçidi baş vermir (10). Bu məlumatlar onu göstərir ki, insan sirkadian ritmlərini ekzogen olaraq dəyişdirmək çox çətinidir.

Melatonin sutkalıq və fəsli bioritmlərin formalaşmasında iştirak edir, endokrin vəzilərin funksional vəziyyətini, bədən temperaturunu, karbohidrat və lipid mübadiləsini, arterial təzyiği tənzimləyir (1). Fəsli dəyişikliklərdə gecənin uzanması ilə əlaqəli melatoninin sekresiyasının artması dəyişikliyi paralel gedir və bu yay ilə müqayisədə onun sekresiyasının artmasına səbəb olur. Melatonin yüksək antioksidant, immunmodulyator və onkostatik kimi heyvanların ömrünün uzunluğunu artırması onu heroprotektorların sırasına daxil etməyə imkan verir.

Melatonin sirkadian prosesin vasitəçiliyi üçün böyük əhəmiyyətə malikdir, bəzi kontekstlərdə o, yuxuya səbəb olur (10). Ancaq onilliklərlə aparılan tədqiqatlara və geniş istifadəsinə baxmayaraq yuxu tənzimlənməsində melatoninin rolu mübahisəlidir (10). Müəyyən edilmişdir ki, ekzogen melatonin insanlar daxil olmaqla sutkalıq onurğalılarda, primatlarda, evcil pişiklərdə, quşlarda yuxunun inkişafına təsir edir (7). Digər tədqiqatçılar bu təsiri müşahidə etməmiş və onun hər hansı heyvanda endogen rolunu müəyyən etməmişdilər (7). Tədqiqatçıların bəziləri isə iddia edirdilər ki, ekzogen melatonin bəzi kontekstlərdə sirkadian ritmin fazasını dərinləşdirə bilər və melatonin sirkadian ritmlərin tənzimləyicisidir.

Heyvan və bitkilərdə bioloji proseslərin çoxlu aspektləri sirkadian saatla əlaqəlidir. Epifizin hormonu melatonin məlum olduğu kimi, sirkadian saatın biokimyasında geniş rol oynayır. Melatonin saatın periferik hədəf toxumalarında ritmik funksiyaları tənzimləmək üçün də vacibdir. O, maksimum qaranlıqda əldə edilir. O, çox vaxt “qaranlıq hormonu” və ya “xronobiotik molekul” adlanır. Melatoninin biosintezi dörd mərhələli fenomendir. SXN triptofandan melatoninin sintezində əsas ferment olan serotonin N-asetiltransferazanın fəaliyyətinin əsas

tənzimləyici sahəsidir. Melatonin müxtəlif reseptorlar vasitəsilə (MT₁, MT₂ və MT₃) saat genlərinə fərqli təsirləri induksiya edir (2). Melatonin sirkadian ritmlərlə qarşılıqlı təsirlərə malikdir.

Melatoninin köməyi ilə neyron zülal sintezinə, akson nəqlinə, mediatorların azad və geri çəkilməsinə, prostaqlandinlərin miqdarına və digər metabolik proseslərə müdaxilə edə bilər. Hippokamp, amiqdala və digər limbik strukturlarda melatoninin spesifik bağlanma sahələrinin olması hormonun təsirindən emosional formasiyaları göstərir. Emosional-motivasiya davranışın ifadəsi əsasən QAYT-ergik mexanizmlər tərəfindən tənzimlənir, fəaliyyətinə melatonin müdaxilə edir. Onun davamlı artan dozaları QAYT əlaqəli və aqonistlərin tətbiqində yüksəlmişdir (9).

Melatonin özü etiketli benzodiazepin flunitrazepamın korteksin hüceyrə membranları ilə bağlanmasına az təsir etsə də, epifizektomiya sonrası pozuntu halında bu prosesi bərpa edir (9).

Beyin strukturları ilə yanaşı, retina epifizin bioloji cəhətdən aktiv maddələrə məruz qalması üçün hədəf kimi xidmət edir. Retinada melatonin dofamin ilə ləngidici resiprok təsirə girir, əksinə fəaliyyətini azaldır.

SXN yuxarı servikal qanqlionu simpatik neyronları vasitəsilə əzgiləbənzər cisim ilə birbaşa təsir edir (10), öz növbəsində SXN-nin ritmik fəallığı melatoninin sərbəstliyini müəyyən edir, günün uzunluğu ilə birbaşa korrelyasiya edir. Gecə və gündüz heyvanlarda gecə saat 24:00 və 3:00 arasında melatoninin ifrazının piki müəyyən edilmişdir. Melatonin bir neçə əsas rol oynayır və işıq-qaranlıq sikllər haqqında məlumat verən mərkəz hesab edilə bilər. Məməlilərdə melatonin reproduktiv davranış və yuxu tənzimlənməsində vacibdir. Melatonin SXN-yə geri dönan tənzimləyici kimi təsir göstərir. Melatoninin reseptorları MT₁ və MT₂ SXN-də yüksək sıxlıqla ekpressiya edir (9). Bu reseptorların və SXN-nin neyronlarının funksiyasının sonrakı dəyişməsindən sonra ekzogen melatoninin bir sıra davranış təsirləri ortaya çıxır. Bununla yanaşı, bəzi hallarda SXN epifizin dinamik kompleksinin fəaliyyəti qarşılıqlı təsirə əsaslanır. *In vitro* melatonin SXN-nin sirkadian fəaliyyətinə faza və amplitudunu tənzimləyir (9). MT₂ reseptorun melatoninin SXN-yə faza sinxronlaşdırıcı təsirinə vasitəçilik etdiyi göstərilir. Maraqlıdır ki, həm primatlarda, həm də insanlarda melatonin qlükokortikoid istehsalını modullaşdırır, kortizol istehsalını azaldır (2). Bu təsir MT₁ reseptoru tərəfindən vasitələndirilir.

Melatonin təsiri məməlilərdə (insanlarda da daxil olmaqla) G proteinləri ilə əlaqəli MT₁ (Mel_{1a}), MT₂ (Mel_{1b}) və MT₃ yüksək affin reseptorların aktivləşməsi vasitəsilə həyata keçir (9). Bu reseptorlar müxtəlif molekulyar strukturuna (6), farmakoloji xarakteristikaya və xromosom lokalizasiyasına malikdir. MT₁ və MT₂ reseptorları uyğun olaraq 350 və 362 aminoturşudan ibarət olaraq molekulyar kütləsi 39-40kDa-dır. Melatoninin MT₁ və MT₂ reseptorların köməyi ilə siqnal ötürülməsi α , β və γ subunitlərindən təşkil olunmuş heterotrimer G zülallarının əlaqəsi hesabına

həyata keçirilir (9). Melatonin MT₁ və MT₂ reseptorları vasitəsilə ilə fəaliyyət göstərən effektiv sistem adenilatsiklazanı, fosfolipaza A2, kalium kanallarını və potensial quanalitsiklaza və kalsium kanallarını əhatə edir (9).

Siçovullarda qaranlıq şəraiti yaradılarda və kor insanlarda melatonin özünün sərbəst ritmini göstərdi.

Bir neçə hormonun, yəni qonadotropin azad edən hormon (GnRH), lüteinləşdirici hormon (LH) və follikul stimullaşdırıcı hormonun (FSH) ifrazı da melatoninin nəzarətindədir (1). Melatonin həmçinin periferik toxumalarda, mədə-bağırsaqda, dəridə, limfositlər və sümük iliyində sintez olunur, öz növbəsində parakrin siqnallardan fizioloji funksiyaları modullaşdırır.

Bioloji funksiyaların tənzimlənməsində melatoninin faktiki rolu, hipotezi onun kəşfindən sonra təklif edilmişdir. Melatonin qan təzyiqi tənzimlənməsi, immun sistemin modulyasiyası və sərbəst radikallardan təmizlənmə kimi bir sıra fizioloji funksiyalar göstərir (1). Ürək-damar, mədə-bağırsaq və sümük fiziologiyasına melatoninin sirkadian saatının məlum rolu təsir göstərir. Bundan başqa melatoninin onkostatik molekullarına təsiri onun gələcəkdə şiş terapiyasında istifadəsi istiqamətində klinik tədqiqatların aparılmasını aydınlaşdırır (4).

Noradrenalin ifraz edən epifizdə qurtaran postqanqlion simpatik sinir lifləri melatoninin sintezinə nəzarətdə vacib rol oynayır. Noradrenalin pinalositlərin β-adrenergik reseptorları ilə (bir hissə α-adrenergik reseptorları) əlaqəlidir, hüceyrə membranında GTP-əlaqəli zülaldan səviyyəsi yüksəlir, N-asetiltransferazanın fəallığının yüksəlməsinə, sonra melatoninin sintezinə səbəb olur.

Melatoninin 80%-i gecə sintez olunur. Melatonin insan da daxil olmaqla bütün canlı orqanizmlərdə xarakterik sirkadian ritmi göstərir. Melatoninin sintez/sekresiya ritmi hipotalamusun SXN-də yerləşən sirkadian peysmeker tərəfindən yaranır və 24 saata qədər SXN vasitəsilə işıq/qaranlıq tərəfindən sinxronlaşdırılır. Zərəddə hormonun konsentrasiyası gün ərzində aşağı (10-20 nq/ml), gecə ən yüksək (80-120 nq/ml) pik nöqtəsində 24:00 və 03:00 olur. İfrazın başlanğıcı 21:00-22:00 olur və 07:00-09:00-da dəyişir.

Melatonin konsentrasiyasında ritm insanda doğulandan 6-8 həftə sonra yaranır və həyatın 21-24-cü həftələrində müəyyənləşdirilmişdir.

Melatonin sekresiyasında gecə pikinin amplitudası 4-7 arası yüksək səviyyədə əldə edilir. Cinsi yetişkənlik dövründə melatoninin konsentrasiyası aşağı müşahidə edilir, 35-40 yaşa qədər nisbətən sabit qalır, sonra 70 yaşa qədər yavaş-yavaş azalır. Analoji gündüz konsentrasiyaları üçün də yaşdan asılı olaraq bu dəyişikliklər xarakterikdir. Sonrakı yaşlarda melatoninin sekresiyasında gündüz-gecə fərqi olmur. Hesab olunur ki, melatoninin gecə sekresiyası genetik təyin edilir və insanlar arasında fərqlidir (5). Bu səbəbdən bəzi insanlarda melatonin digərlərindən fərqli olaraq az ifraz olunur.

Aparılan çoxsaylı tədqiqatlar melatoninin sirkadian ritmin tənzimlənməsində xüsusi rola malik olduğunu, bu istiqamətdə elmi-tədqiqatların

davam etdirilməsinin zəruriliyini göstərir.

ƏDƏBİYYAT

1. *Анисимов В.Н.* Мелатонин и его место в современной медицине // Русский медицинский журнал, 2006, т.14, № 4, с.269
2. *Анисимов В.Н.* Эпифиз, биоритмы и старение организма // Успехи физиол. наук, 2008, Т.39, №4, с.40-65
3. *Губин Д.Г.* Молекулярные механизмы циркадианных ритмов и принципы развития десинхроноза // Успехи физиологических наук, 2013, Т.44, №4, с.65-87
4. *Arendt J., Skene D.J., Middleton B. et al.* Efficacy of melatonin treatment in jet lag, shift work, and blindness // J. Biol. Rhythms, 1997, №12, pp.604-617
5. *Bergiannaki J.D., Soldatos C.R., Paparrigopoulos T.J. et al.* Low and high melatonin excretors among healthy individuals // J. Pineal Res, 1995, №18, pp.159-164
6. *Cedernaes J., Osorio R.S., Varga A.W. et al.* Candidate mechanisms underlying the association between sleep-wake disruptions and Alzheimer's disease // Sleep Med Rev., 2016. S1087-0792(16)00018-6. doi: 10.1016/j.smrv.2016.02.002
7. *Dollins A.B., Zhdanova I.V., Wurtman R.J. et al.* Effect of inducing nocturnal serum melatonin concentrations in daytime on sleep, mood, body temperature, and performance // Proc Natl Acad Sci USA, 1994, v.91, pp.1824-1828
8. *Emens J.S., Eastman C.I.* Diagnosis and treatment of non-24-h sleep-wake disorder in the blind // Drugs, 2017, v.77, pp.637-650
9. *Gillette M.U. McArthur A.J.* Circadian actions of melatonin at suprachiasmatic nucleus // Behav. Brain Res., 1995, v.73, pp.135-139
10. *Zisapel N.* New perspectives on the role of melatonin in human sleep, circadian rhythms and their regulation // British Journal of Pharmacology, 2018, v.175, pp.3190-3199

UOT 53

V.Ə.Abdurahmanova
AMEA H.B.Abdullayev adına Fizika İnstitutu
abdurrahman.vafa@gmail.com

SnSe və $Sm_{1-x}Ce_xSnSe_2$ ($x = 0.02-0.5$) BİRLƏŞMƏLƏRİNİN İSTİLİK XASSƏLƏRİ

Açar sözlər: konsentrasiya, tərkib, elektrik keçiriciliyi, istilikkeçiriciliyi, termiki işləmə

Diferensial termik analiz (DTA) metodu ilə SnSe birləşməsinin və Ce atomlarının $x = 0.02-0.5$ konsentrasiyası intervalında $Sm_{1-x}Ce_xSnSe_2$ birləşmələrinin istilik xassələri tədqiq edilmişdir. $300 K \leq T \leq 1250 K$ temperatur intervalında alınmış DTA spektrlərinə əsasən termodinamik parametrlər hesablanmışdır. Sm və Ce elementlərinin müxtəlif nisbətlərdə daxil edilmiş konsentrasiyalarının enerji asılılığından müəyyən edilmişdir ki, $Sm_{1-x}Ce_xSnSe_2$ sistem birləşmələri özünün yüksək simmetrik quruluşunu $Sm_{0.25}Ce_{0.75}SnSe_2$ şəklində saxlayır.

V.A.Абдурахманова

ТЕРМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЙ SnSe и $Sm_{1-x}Ce_xSnSe_2$ ($x = 0.02-0.5$)

Ключевые слова: концентрация, состав, электропроводность, теплопроводность, термическая обработка

Методом дифференциального термического анализа (ДТА) исследованы тепловые свойства соединения SnSe и соединений $Sm_{1-x}Ce_xSnSe_2$ при концентрации атомов Ce $x = 0,02-0,5$. Термодинамические параметры рассчитывали на основе спектров ДТА, полученных в интервале температур $300 K \leq T \leq 1250 K$. Энергетическая зависимость концентраций элементов Sm и Ce при различных соотношениях определила, что соединения системы $Sm_{1-x}Ce_xSnSe_2$ сохраняют свою высокую симметричную структуру как $Sm_{0.25}Ce_{0.75}SnSe_2$.

V.A.Abdurahmanova

THERMAL PROPERTIES OF SnSe and Sm_{1-x}Ce_xSnSe₂ (x = 0.02-0.5) COMPOUNDS

Keywords: *concentration, composition, electrical conductivity, thermal conductivity, thermal treatment*

The thermal properties of the SnSe combination and the Sm_{1-x}Ce_xSnSe₂ compounds at the concentration of Ce atoms $x = 0,02-0,5$ were investigated by the differential thermal analysis (DTA) method. Thermodynamic parameters were calculated based on the DTA spectra obtained at a temperature range of $300 \text{ K} \leq T \leq 1250 \text{ K}$. The energy dependence of the concentrations of Sm and Ce elements at different ratios was determined that the Sm_{1-x}Ce_xSnSe₂ system compounds maintain their high symmetric structure as Sm_{0,25}Ce_{0,75}SnSe₂.

1. Giriş

Müxtəlif fiziki xassələrə malik olan funksional materialların elektronikada tətbiqləri üçün xarici amillərin təsiri ilə bu birləşmələrdə baş verən proseslərin öyrənilməsi vacibdir. Ona görə də kondensə olunmuş mühitlərdə temperaturun, radiasiyanın və təzyiqin təsiri ilə baş verən faza keçidləri geniş tədqiq edilir [1; 2; 3; 4; 5].

Məlumdur ki, yarımkeçirici xassələrə malik olan birləşmələrin fiziki xassələri temperaturdan asılıdır. Bu istiqamətdə aparılan tədqiqatlardan biri də SnSe və SmSe ikiqat yarımkeçirici birləşmələri əsasında yeni materiallar sintez etmək və temperaturun təsiri ilə onların fiziki xassələrin təsirini tədqiq etməkdir. (SnSe)_{1-x}-(SmSe)_x sistem ərintilərinin $T = 77-700 \text{ K}$ temperatur intervalında elektrik xassələri kompleks şəkildə tədqiq edilmiş: Holl əmsalı (R), termo.e.h.q (S) və elektrik keçiriciliyi (σ) tədqiq edilmişdir. Bu tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, samarium aşqar atomları tərkiblərdə donor tipli xassə göstərir və effektivliyi temperaturun artması ilə: p -tipli nümunələrdə $T \leq 440 \text{ K}$ -ə qədər 40% -ə qədər artır; n -tip nümunələrdə isə bu artım daha yüksəkdir və tədqiqat apardığımız temperatur intervalını əhatə edir. $x \geq 0.25$ mol% Sm olan tərkiblərdə tip keçiriciliyi p -dən n -ə dəyişir. Təcrübələrdən alınan nəticələr göstərmişdir ki, Sm atomları SnSe kristallarında SmSe formasında donor tipli məxsusi defekt rolunu oynayır. Göstərilən bu elektrik xassələri yalnız Sm atomlarının konsentrasiyasından asılı deyil, həm də temperaturun təsirindən asılıdır [6].

Göründüyü kimi, ikiqat yarımkeçirici birləşmələr əsasında alınmış yeni birləşmələrin və bərk məhlulların fiziki xassələri fərqli xüsusiyyətlərə malik olurlar. Ona görə də binar birləşmələr əsasında yeni yarımkeçiricilərin sintez edilməsi yalnız yarımkeçiricilər fizikası üçün deyil, həm də ümumilikdə materialşünaslıq üçün maraq kəsb edir. Bunları nəzərə alaraq təqdim edilən

tədqiqat işində SnSe birləşməsi sintez edilmiş, yüksək temperaturalar intervalında onun termik xassələri tədqiq edilmişdir. Sonradan SnSe əsasında $Sm_{1-x}Ce_xSnSe_2$ ($x = 0.02-0.5$) sistemi sintez edilmiş, alınmış yeni birləşmələrin termik xassələrinə Ce atomlarının təsiri öyrənilmişdir.

2. Təcrübə

Polikristal şəklində olan SnSe birləşməsinin və $Sm_{1-x}Ce_xSnSe_2$ ($x = 0.02-0.5$) birləşmələrinin tədqiqat nümunələri standart metodla yüksək temperaturalar sobasında sintez edilmişdir. Alınmış tərkiblərin quruluş faza analizləri rentgen difraksiyası metodu ilə D8 ADVANCE difraktometrində aparılmışdır.

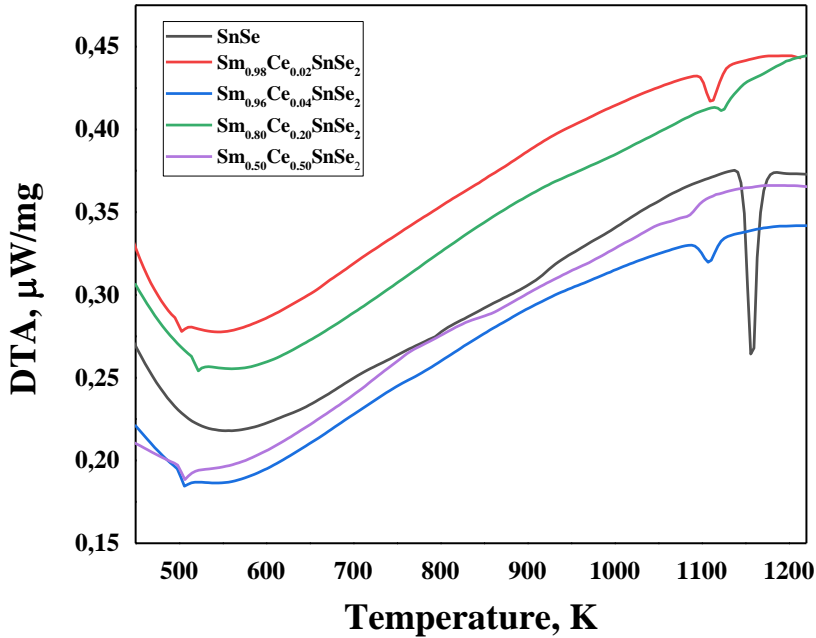
Tədqiqat obyektlərinin termik xassələri Diferensial Termik Analiz metodu ilə otaq temperaturundan $T = 1250$ K temperatura qədər Perkin Elmer STA 6000 kalorimetrində yerinə yetirilmişdir [7-10]. Ölçmələrin sürəti 5 K/dəq olmuşdur. Yüksək temperaturalar oblastında alınmış DTA spektrləri Origin 9 proqramında analiz edilərək işlənmişdir.

3. Nəticələrin müzakirəsi

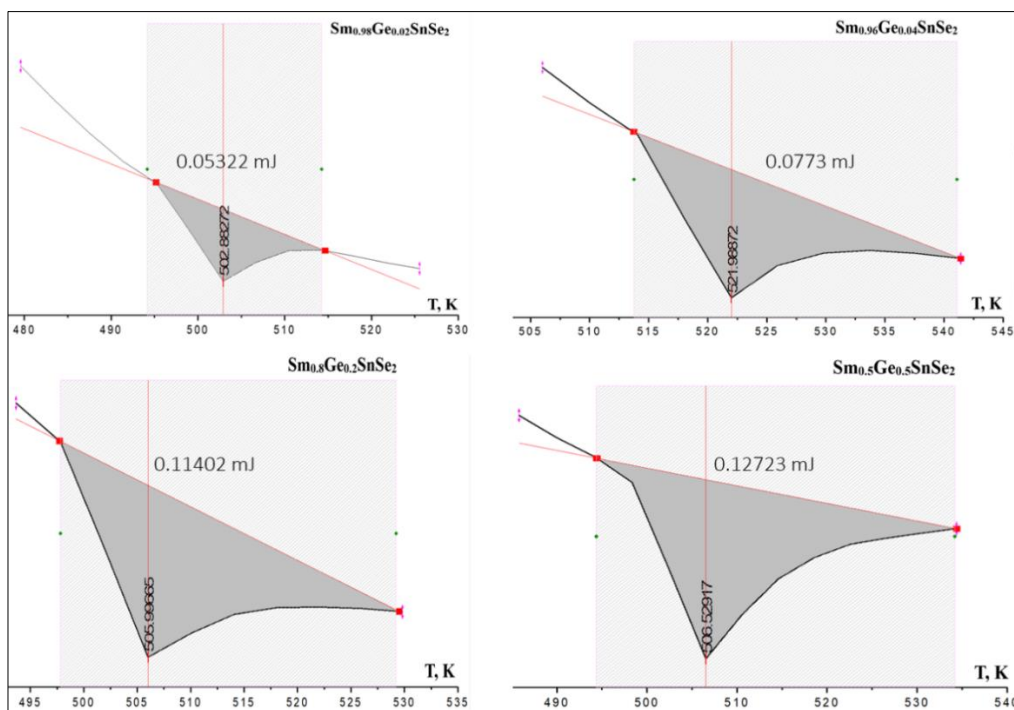
Şəkil 1-də SnSe və $Sm_{1-x}Ce_xSnSe_2$ birləşmələrinin $T = 1250$ K-ə qədər yüksək temperaturalar oblastında, 5 K/dəq istilik sürəti ilə qızdırılmış nümunələrində istilik selinin temperatur asılılığı verilmişdir. $T_{Otaq} \leq T \leq 480$ K temperatur aralığında Sm və Ce atomlarının müxtəlif konsentrasiyalarında verilmiş SnSe və $Sm_{1-x}Ce_xSnSe_2$ birləşmələri üçün birinci növ faza keçidi müşahidə olunmur. Lakin $490 \leq T \leq 520$ K temperatur intervalında $Sm_{1-x}Ge_xSnSe_2$ birləşməsində Sm/Ce konsentrasiya nisbətindən asılı olaraq baş verən ekzo effektlərdə sahənin enerjisi kinetik qanuna uyğunluqla artır (Şəkil 2). Göründüyü kimi, $Sm_{0.98}Ge_{0.02}SnSe_2$ tərkibli nümunə üçün effektin sahəsinin enerjisi, Sm/Ce konsentrasiyasının 49/10 nisbətində 0.05322 mC, $Sm_{0.96}Ce_{0.04}SnSe_2$ nümunəsi üçün 24/10 nisbətində 0.0773 mC, $Sm_{0.8}Ce_{0.2}SnSe_2$ nümunəsi üçün 4/1 nisbətində 0.11402 mC və $Sm_{0.5}Ge_{0.5}SnSe_2$ nümunəsi üçün isə 1/1 nisbətində 0.12723 mC intervalında dəyişir. Şəkil 3-də hər iki elementin müxtəlif nisbətlərdə daxil edilmiş konsentrasiyalarının enerjiden asılılıq qrafikindən alınmış kinetikasından aydın olur ki, həm Sm həm də Ce elementinin aşkar kimi daxil edildiyi SnSe birləşməsi özünün yüksək simmetrik quruluşunu $Sm_{0.25}Ce_{0.75}SnSe_2$ şəklində saxlayır.

$490 \leq T \leq 520$ K temperatur intervalında Sm/Ce konsentrasiyasından asılı olaraq baş verən keçidlərin kinetikası tamamlanır, $520 \leq T \leq 1090$ K temperatur intervalını isə $Sm_{1-x}Ge_xSnSe_2$ birləşmələri üçün termik stabil oblast hesab etmək olar. Verilmiş temperatur intervalında istilik selinin qiymətinin xətti qanunauyğunluqla artması göstərir ki, udulan enerji nəticəsində hər hansı termo keçid baş vermir. Sonrakı hesablamalarda da istilik selinin qiymətinin

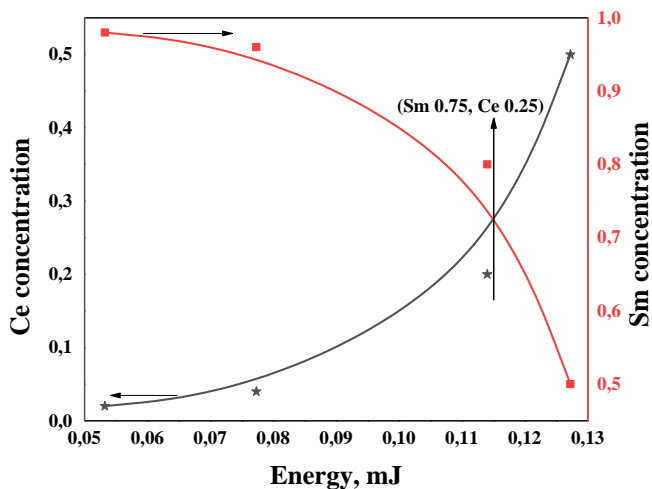
artma dinamikasının daha dəqiq izah olunması üçün $Sm_{1-x}Ge_xSnSe_2$ birləşmələrində xarakterik istilik tutumunun xətti keçidi eksperimental müşahidə olunur. Yüksək temperaturlarda ($1090 \leq T \leq 1140$ K) $Sm_{0.98}Ce_{0.02}SnSe_2$, $Sm_{0.96}Ce_{0.04}SnSe_2$, $Sm_{0.8}Ce_{0.2}SnSe_2$ və $Sm_{0.5}Ce_{0.5}SnSe_2$ nümunələri üçün xarakterik faza keçidlərinin müşahidə olunmasına baxmayaraq Sm və Ce atomlarının olmadığı halda $SnSe_2$ nümunəsi üçün seçilmiş temperatur intervalında hər hansı faza keçidi müşahidə olunmur. Lakin $SnSe_2$ nümunəsi üçün temperaturun 1150 K qiymətində başlayıb 1190 K bitən faza keçidi müşahidə olunmuşdur. Hesab etmək olar ki, nadir torpaq elementləri daxil edilməmiş $SnSe_2$ nümunələrində müşahidə olunan faza keçidi həmin nümunəyə təyin olunmuş miqdarlarda daxil edilmiş Sm/Ce konsentrasiyasından sonra temperaturun daha kiçik qiymətlərinə doğru dəyişir. Daha dəqiq ifadə etsək, $Sm_{0.98}Ce_{0.02}SnSe_2$, $Sm_{0.96}Ce_{0.04}SnSe_2$, $Sm_{0.8}Ce_{0.2}SnSe_2$ və $Sm_{0.5}Ce_{0.5}SnSe_2$ birləşmələrində faza keçidi aşağı temperaturlara doğru sürüşməsi, verilmiş konsentrasiyalarda bu keçidlər üçün kiçik enerjinin tələb olunmasını göstərir. $SnSe_2$ birləşməsi və Sm/Ce atomlarının konsentrasiyalarından asılı olaraq baş verən effektlərdə sahə kinetikasi dəyişməsi şəkil 4-də verilmişdir.



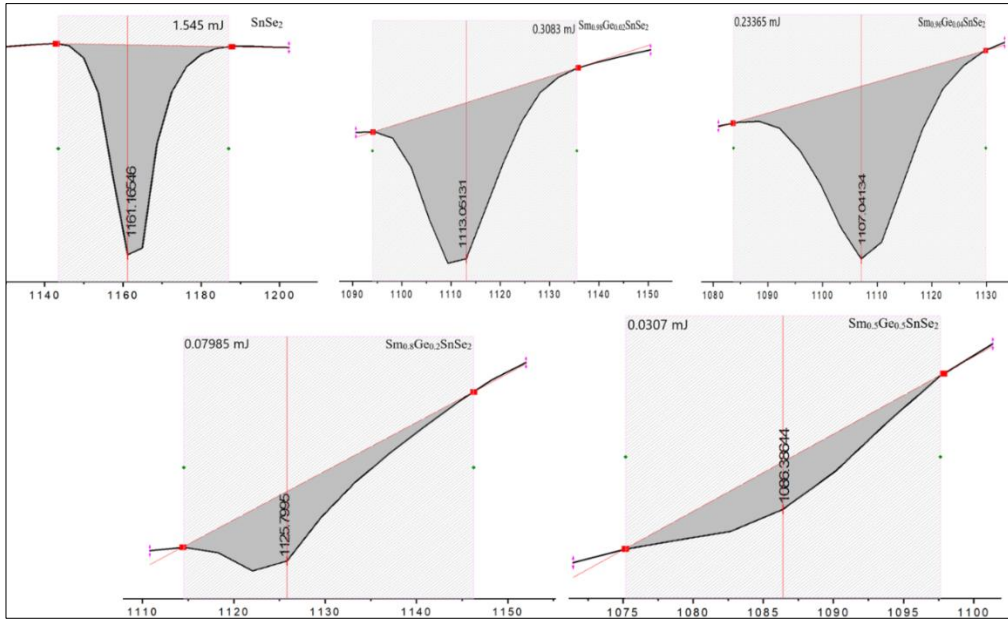
Şəkil 1. $SnSe$ və $Sm_{1-x}Ce_xSnSe_2$ birləşmələrinin diferensial termik analiz spektrləri.



Şəkil 2. $Sm_{1-x}Ce_xSnSe_2$ birləşmələrində $490 \leq T \leq 520$ K temperatur intervalında Sm/Ce atomlarının konsentrasiyasından asılı olaraq baş verən effektlərdə sahə kinetikasi.



Şəkil 3. $Sm_{1-x}Ce_xSnSe_2$ birləşmələrində enerjinin konsentrasiyadan asılı olaraq dəyişmə kinetikasi.



Şəkil 4. $1075 \leq T \leq 1190$ K temperatur intervalında SnSe və $Sm_{1-x}Ce_xSnSe_2$ birləşmələrində sahə kinetikasi.

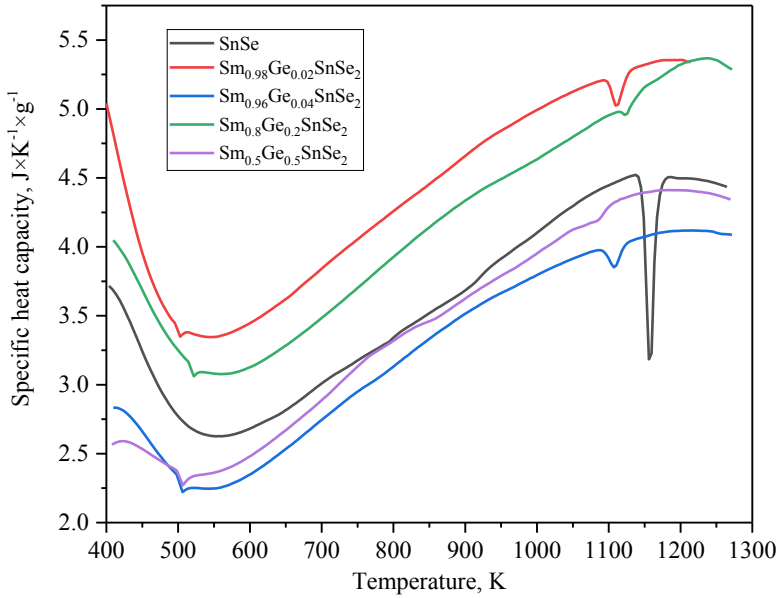
$1075 \leq T \leq 1190$ K temperatur intervalında SnSe birləşməsində baş verən faza keçidi, həmçinin bu birləşməyə müxtəlif miqdarda daxil edilmiş Sm/Ce konsentrasiyasından asılı olaraq baş verən faza keçidlərinin kinetikasi göstərir ki, aşkar olmadan SnSe nümunəsində 1140–1186 K temperatur intervalında olan dərin effektin enerjisi ilə $Sm_{1-x}Ge_xSnSe_2$ birləşmələrində tələb olunan keçid enerjisi arasında böyük fərq mövcuddur (Cədvəl 1). Əlavə olaraq Sm/Ce atomlarının konsentrasiya nisbətindən asılı olaraq $Sm_{1-x}Ce_xSnSe_2$ birləşmələrində faza keçidi 65 K qədər temperaturun kiçik qiymətlərinə doğru dəyişir. Konsentrasiyadan asılı olaraq temperatur və enerji kinetikasının dəyişməsi onu göstərir ki, aşkarların miqdarının artması ilə strukturun daxili enerjisi SnSe nümunəsinə nisbətə azalır. Göründüyü kimi, daxili enerjinin azalması sahə kinetikasından aydın müşahidə olunur ki, SnSe nümunəsi ilə $Sm_{0.98}Ce_{0.02}SnSe_2$ tərkibli nümunə arasında enerji fərqi 5 dəfə, $Sm_{0.98}Ce_{0.02}SnSe_2$ tərkibli birləşmə ilə $Sm_{0.5}Ce_{0.5}SnSe_2$ birləşməsi arasında 10 dəfəyə yaxın fərq yaranmışdır.

Cədvəl 1. $1090 \leq T \leq 1190$ K temperatur intervalında Sm/Ce konsentrasiyasından asılı olaraq enerjisinin dəyişmə kinetikası

Birləşmə	Temperatur intervalı, K	Enerji, mC
SnSe ₂	1140-1186	1.5450
Sm _{0.98} Ce _{0.02} SnSe ₂	1090-1132	0.3083
Sm _{0.96} Ce _{0.04} SnSe ₂	1080-1130	0.2337
Sm _{0.8} Ce _{0.2} SnSe ₂	1110-1143	0.0799
Sm _{0.5} Ce _{0.5} SnSe ₂	1075-1097	0.0307

$1075 \leq T \leq 1190$ K temperatur intervalında SnSe birləşməsində baş verən faza keçidi, həmçinin bu birləşməyə müxtəlif miqdarlarda daxil edilmiş Sm/Ce atomlarının konsentrasiyasından asılı olaraq baş verən faza keçidlərin kinetikası göstərir ki, aşkar olmadığı SnSe nümunəsində 1140-1186 K temperatur intervalında olan dərin effektin enerjisi ilə Sm_{1-x}Ge_xSnSe₂ birləşmələrində tələb oluna keçid enerjisi arasında böyük fərq mövcuddur (Cədvəl 1). Əlavə olaraq Sm/Ce konsentrasiya nisbətindən asılı olaraq Sm_{1-x}Ge_xSnSe₂ birləşmələrində faza keçidinin 65 K qədər temperaturun kiçik qiymətlərinə doğru dəyişir. Konsentrasiyadan asılı olaraq temperatur və enerji kinetikasının dəyişməsi aşkarların miqdarının artması ilə strukturun daxili enerjisi azalmasını eksperimental təsdiq edir.

Bununla yanaşı, istilik selinin temperaturdan asılı olaraq (Şəkil 1) həqiqi qiymətindən "calibration factor" və istilik tutumunun təyini ilə istilik tutumuna və termodinamik funksiyalara keçid mümkündür. Şəkil 5-də $400 \leq T \leq 1300$ K temperatur intervalında xüsusi istilik tutumunun temperatur asılılığı verilmişdir. Eynilə istilik selinin temperatur asılılığında baş verən izotermal kinetika istilik tutumunun temperatur asılılığında da özünü göstərməkdədir. İstilik tutumunun temperatur funksiyası olduğunu nəzərə alsaq şəkil 5 dən Sm/Ce atomlarının konsentrasiyasından asılı olaraq $490 \leq T \leq 520$ K və $1090 \leq T \leq 1190$ K temperatur intervalında entalpiyanın ədədi qiymətini hesablamaq mümkündür.



Şəkil 5. $400 \leq T \leq 1250$ K temperatur intervalında xüsusi istilik tutumunun temperatur asılılığı

4. Nəticə

Yüksək temperaturlar oblastında SnSe və $Sm_{1-x}Ce_xSnSe_2$ ($x = 0.02-0.5$) birləşmələrinin istilik xassələri tədqiq edilmişdir. $490 \leq T \leq 520$ K və $1090 \leq T \leq 1190$ K temperatur intervallarında Sm/Ce konsentrasiyasından asılı olaraq baş verən faza keçidlərin istilik tutumlarının qrafik təsvirindən məlum olmuşdur ki, $Sm_{1-x}Ce_xSnSe_2$ birləşmələrində istilik tutumunun temperatur asılılığından aydın görünür ki, $550 \leq T \leq 1250$ K temperatur intervalında nümunələrin istilik tutumu 2.25 C/K·q-dan 5.25 C/K·q-a qədər artır. Lakin $490 \leq T \leq 520$ K temperatur intervalında $Sm_{1-x}Ce_xSnSe_2$ birləşməsində baş verən exoeffektin kinetikasi göstərir ki, həmin intervalda $A \rightarrow B \pm \Delta H$ mexanizmi üzrə baş verən faza keçidinin entalpiyası $0.3325-0.7951$ C/q intervalında dəyişir. SnSe birləşməsi üçün həmin temperatur intervalında heç bir faza keçidi müşahidə olunmur. SnSe birləşməsi və $Sm_{1-x}Ce_xSnSe_2$ birləşmələri üçün istilik tutumunun temperatur asılılığında faza keçidi eyni ilə $1090 \leq T \leq 1190$ K temperatur intervalında müşahidə olunur. Həmin temperatur intervalında baş verən faza keçidinin entalpiyası SnSe birləşməsi üçün $\Delta H = -9.656$ C/q-a bərabərdir. $Sm_{1-x}Ge_xSnSe_2$ birləşməsi üçün faza keçidinin entalpiyası isə $1.875-0.1875$ C/q intervalında dəyişir.

ƏDƏBİYYAT

1. *M.N.Mirzayev, R.N.Mehdiyeva, S.Z.Melikova, S.H.Jabarov, T.T.Thabethe, S.Biira, M.A.Kurbanov, N.V.Tiep* // Journal of the Korean Physical Society, 2019, 74, pp.363-367
2. *A.F.Haziyeva, V.I. Nasirov, Y.G. Asadov, Y.I. Aliyev, S.H. Jabarov,* Semiconductors, 2018, 52, pp.713-716
3. *Yu.G.Asadov, Yu.I.Aliyev, A.G.Babaev, G.F.Ganizade, R.D.Aliyeva, S.G.Jabarov, A.V.Trukhanov.* Crystallography Reports, 2017, 62, pp.618-621
4. *A.S.Alekperov, S.H.Jabarov, M.N.Mirzayev, E.B.Asgerov, N.A.Ismayilova, Y.I.Aliyev, T.T.Thabethe, N.T.Dang.* Modern Physics Letters, 2019, B, 33, p.1950104
5. *S.H.Jabarov, T.G.Mammadov, A.I.Mammadov, S.E.Kichanov, V.B.Aliyeva, E.V.Lukin* // Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques, 2015, 9, pp.35-40
6. *V.A.Abdurahmanova, N.M.Abdullaev, Sh.S.Ismayilov.* Modern Physics Letters B, 2019, 33, p.4521478
7. *S.H.Jabarov, A.V.Trukhanov, S.V.Trukhanov, A.I.Mammadov, V.A.Turchenko, R.Z.Mehdiyeva, R.E.Huseynov.* Optoelectronics and Advanced Materials-Rapid Communications, 2015, 9, pp.468-470
8. *S.H.Jabarov* // International Journal of Modern Physics, B, 2018, 32, p.1850303
9. *M.N.Mirzayev, R.N.Mehdiyeva, Kh.F.Mammadov, S.H.Jabarov, E.B.Asgerov.* Physics of Particles and Nuclei Letters, 2018, 15, pp.673-677
10. *M.N.Mirzayev, Kh.F.Mammadov, V.A.Skuratov, E.Demir, S.H.Jabarov, N.A.Ismayilova, S.Biira, B.Abdurakhimov, E.Popov* // Journal of Alloys and Compounds, 2019, 801, pp.151-157

UOT 911.3

M.İ. Bağırova

*AMEA akad. H.Ə.Əliyev ad. Coğrafiya İnstitutu
m.baghirova@gmail.com*

LƏNKƏRAN-ASTARA İQTİSADİ RAYONUNDA YAŞAYIŞ MƏNTƏQƏLƏRİNİN QRUPLAŞDIRILMASI

Açar sözlər: əhalinin məskunlaşması, kənd məskunlaşması, şəhər məskunlaşması, məşğulluq, iqtisadiyyat, yaşayış məntəqələri

Məqalədə Lənkəran-Astara iqtisadi rayonunda əhalisinin sayına görə yaşayış məntəqələrinin təsnifatı təhlil olunur. Regionda əhali Xəzər dəniz səviyyəsindən başlayaraq yüksək dağlıq ərazilərə qədər məskunlaşmışdır, burada əhalisinin sayına görə fərqlənən yaşayış məntəqələri mövcuddur. Lerik və Yardımlı rayonlarının inzibati mərkəzi Talış dağlarının yüksək sahələrində yerləşir. Əhalisinin sayına görə bu şəhərlər digərlərinə nisbətən geridə qalır. Burada təbii artım yüksək olması ilə fərqlənir. Regionda miqrasiya proseslərinin qarşısının alınması üçün şəhərlərinde təsərrüfatın, o cümlədən sənayenin sahə strukturunun təkmilləşdirilməsi, yüngül və yeyinti sənayesi obyektlərinin yaradılması tələb olunur. Onlar regionun iqtisadiyyatını yüksəltməyə, əhalini iş yerləri ilə təmin etməyə imkan verir. Kəndlərin əhalisinin sayına görə qruplaşdırılması onların öyrənilməsi və gələcək inkişafı üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

M.И. Багирова

ГРУППИРОВКА НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ В ЛЯНКЯРАНЬ- АСТАРИНСКОМ ЭКОНОМИЧЕСКОМ РАЙОНЕ

Ключевые слова: народонаселение, сельское поселение, городское поселение, занятость, экономика, населенные пункты

В статье анализируется классификация населенных пунктов по количеству населения в Лянкярань-Астаринском экономическом районе. Население в регионе размещено на территориях начиная от уровня Каспийского моря до высокогорных районов, где имеются различные поселения по количеству населения. Административный центр Лерикского и Ярдымлинского районов расположен в высокогорье Талышских гор. По численности населения эти города отстают от других. Естественный прирост населения здесь высок. Для регулировки миграционных процессов в регионе, необходимо улучшить структуру экономики городов, в том числе промышленности, создать легкую и пищевую промышленность. Они помогут стимулировать экономику региона и обеспечить рабочие места для населения. Группировка деревень по населению имеет первостепенное значение для их изучения и будущего развития.

M.İ.Bağirova

GROUPING OF SETTLEMENTS IN LANKARAN-ASTARA ECONOMIC REGION

Keywords: *population, rural settlement, urban settlement, employment, economy, settlements*

The article analyzes the classification of settlements by population number in the Lankaran-Astara economic region. Population in the region has been inhabited, ranging from the Caspian Sea level to the high mountainous areas, where there are various settlements in terms of population. The administrative center of Lerik and Yardimli regions is located in the highlands of Talish Mountains. In terms of population, these towns lag behind others. The natural increase here is high. In order to prevent migration processes in the region, it is necessary to improve the structure of the economy in the towns, including the industry, to create light and food industries. They will help to boost the economy of the region and provide jobs for the population. The grouping of villages by population is of paramount importance for their study and future development.

Lənkəran-Astara iqtisadi rayonu ölkənin cənubunda yerləşir. İqtisadi rayonun tərkibinə Astara, Cəlilabad, Lerik, Lənkəran, Masallı və Yardımlı inzibati rayonları daxildir. Onun sahəsi 6,1 min km², əhalisinin sayı 937,2 min nəfərdir (01.01.2019). Bunlar da müvafiq olaraq ölkənin ərazisinin 7,01%-ni, əhalisinin 9,3%-ni, o cümlədən şəhər əhalisinin 4,8%-ni, kənd əhalisinin 14,5%-ni təşkil edir. Ölkədə istehsal edilən ümumi məhsulların 2,2%-i, sənaye məhsullarının 0,2%-i, kənd təsərrüfatı məhsullarının 10,6%-i iqtisadi rayonda istehsal edilir [4].

Azərbaycan Respublikasında qəbul edilən “Ərazi quruluşu və inzibati bölgüsü haqqında” Qanuna əsasən idarəetmənin təmin edilməsinin səmərəli təşkili məqsədilə Azərbaycan Respublikası müvafiq inzibati ərazilərə bölünmüşdür [26]. Yaşayış məntəqələrinin əsas formalarına şəhərlər, qəsəbələr və kəndlər daxildir [13]. İqtisadi rayonda şəhər tipli yaşayış məntəqələri kimi 8 şəhər, 13 qəsəbə mövcuddur. Lənkəran-Astara iqtisadi-coğrafi rayonunda əhali müxtəlif yüksəklik qurşaqları və inzibati vahidlər üzrə müxtəlif şəkildə məskunlaşmışdır. Burada əhalinin şəhər və kənd məntəqələrində yerləşməsi təhlil olunur. Regionda 169 kənd inzibati ərazi dairəsi, 638 kənd ərazi vahidi ayrılır.

2009-cu ildə iqtisadi rayonda əhalinin sayı 823,9 min nəfər, o cümlədən şəhər əhalisi 205,7 min nəfər (25,0%), kənd əhalisinin sayı 618,2 min nəfər olmuşdur [1, s.76].

Regionun əhalisinin məskunlaşdığı əsas məskənlər kənd yaşayış məntəqələridir. Bunun əsasında aydındır ki, əhalinin sayı kənd yaşayış

məntəqələrində şəhər məntəqələrinə nisbətən daha çoxdur (Cədvəl 1). Regionun əhalisinin sayı daha çox olan kənd məntəqələri qrupuna 501-1000, 1001-2000 və 5000-dən çox əhalisi olan yaşayış yerləri aiddir. Qeyd olunan qruplara 291 yaşayış məntəqəsi daxildir. Bunlardan 19-u şəhər tipli yaşayış məntəqəsidir. Yaşayış məntəqələrinin sayı baxımından isə ən çox yaşayış məntəqəsi əhali sayı 201-500 nəfər olan ərazi vahidləridir. Bura 170 kənd yaşayış məntəqəsi daxildir. Qeyd olunan areala daxil olan kəndlərin 55,9 min nəfər sakini vardır.

Cədvəl 1

Kəndlərin və kənd əhalisinin sayına görə qruplaşdırılması, 2009-cu il

Qruplar, nəfər	Kəndlərin sayı	Kənd əhalisi, nəfər	Ümumi əhali, nəfər
10-a qədər	2	8	8
11-25	2	30	30
26-50	21	835	835
51-100	32	2600	2600
101-200	62	9426	9426
201-500	170	55905	55905
501-1000	150	107946	107946
1001-2000	120	168146	171030
2001-3000	35	86352	93660
3001-5000	23	84744	96718
5000-dən çox	7	42609	240625
Cəmi	559	550117	770299

İqtisadi rayonunun əhalisinin 25,0%-i şəhər yaşayış məntəqələrində məskunlaşmışdır (Cədvəl 2 və 3). Əhalisinin sayına görə Lənkəran şəhəri regionun ən böyük və ən qədim məntəqəsidir. Şəhərlər arasında əhalisinin sayına görə 2-ci yerdə 42,3 min nəfər əhalisi ilə Cəlilabad şəhəri dayanır. Qəsəbələrdən isə əhali sayına görə ən böyüyü Masallı rayonunda yerləşən Ərkivan qəsəbəsidir. Bu qəsəbənin 15654 nəfər sakini vardır. Ən kiçik qəsəbə isə Cəlilabad rayonunun Novoqolovka qəsəbəsidir. Qəsəbə dəniz səviyyəsindən -15 m aşağıda yerləşir, 2009-cu il əhali siyahıyaalması nəticələrinə əsasən qəsəbənin daimi sakini yoxdur.

Lənkəran-Astara iqtisadi-coğrafi rayonunun ən hündürükdə yerləşən şəhərləri Lerik və Yardımlı məntəqələridir. Əhalisinin sayına görə bu şəhərlərdə digərlərinə nisbətən az sakin məskunlaşmışdır. Bunun da əsas səbəbi kimi sosial-iqtisadi bazanın zəif olması, təbii ehtiyatlarla zəif təminat, əlverişli olmayan yüksək qurşaqda yerləşməsidir.

Şəhər məntəqələrinin əhalisinin sayına görə qruplaşdırılması, 2009-cu il

Əhalinin sayı, nəfər	Şəhər məntəqələri	Şəhər əhalisi, nəfər
10-a qədər	1	0
1001-2000	2	2884
2001-3000	3	7308
3001-5000	3	11974
5000-dən çox	12	198016
Cəmi	21	220182

Şəhərlərin inkişafı müxtəlif amillərin təsiri altında baş verir. Bunlara istehsal, nəqliyyat xidmətləri, ticarətin inkişafını göstərmək olar. Nəqliyyat xidmətlərinin burada özünəməxsus rolu vardır. Xüsusən, əgər şəhərə işləmək üçün gələnlərin əksəriyyətini ətraf kənd və qəsəbələrdən gələn əhali təşkil edirsə bu sahənin fəaliyyəti tələblərə cavab verməlidir. Eləcə də, şəhərlərin kənd təsərrüfatı məhsulları ilə təmin olunmasında, sənayenin xammallar ilə təchizatında, hazır sənaye məhsulunun daşınması və ixracında nəqliyyat xidmətlərinin böyük rolu vardır. Şəhərlər əsas iqtisadi, nəqliyyat, sənaye mərkəzləri olmaqla yanaşı, həm də uzaq və yaxın ərazilərdən əmək ehtiyatlarının özünə cəlb edən mərkəzlərdir. Bu baxımdan şəhərətrafi kəndlər və rayonların funksional fəaliyyəti adətən şəhərlərdən asılı olur.

Şəhərlərin müasir inkişafının təmin olunması əhalinin məskunlaşması, əmək fəaliyyəti, miqrasiya proseslərinin nizamlanması baxımdan çox vacib rol oynayır. Əsas məsələlərdən biri şəhərlərin iqtisadi-sosial vəziyyətini regionun demografik potensialına uyğunlaşdırılmasıdır. Nəzərə alsaq ki, region təbii artımın yüksək göstəricilərinə malikdir, buradan miqrasiyaların qarşısının alınması üçün şəhərlərdə sənayenin müxtəlif sahələrinə aid obyektlər şəbəkəsi formalaşdırmaqla həm regionun iqtisadiyyatını yüksəltmək olar, həm də yerli əhalini iş yerləri ilə təmin etmək olar.

Şəhərləri formalaşdıran əsas meyar ərazidə sənayenin, xüsusilə yüngül və yeyinti sənayesinin inkişafı şəraitində əhalinin ərazidə sıx məskunlaşmasıdır. Sənayeləşmə urbanizasiya səviyyəsinin yüksəlməsinə imkan verir. Əhalinin mexaniki artımı və məskunlaşması istehsal və qeyri-istehsal sahələrinin inkişafı, şəhər infrastrukturunun inkişaf səviyyəsi ilə əlaqədardır.

Əhaliyə göstərilən müxtəlif xidmət sahələrinin cəmləşdiyi mərkəzlər olan şəhərlər istehsal, inzibati, elm, təhsil, səhiyyə, mədəni mərkəzlərdir. Əlverişli coğrafi mövqedə formalaşan mərkəz kimi sənaye ilə kənd təsərrüfatı arasında əlaqə yaradaraq kəndlə şəhər arasındakı fərqləri aradan qaldırır. Əhalinin məskunlaşma forması şəhərlərin əhatə dairəsini dəyişdirir, torpaq, su,

kurort, rekreasiya ehtiyatlarından istifadənin miqyasını artır [15, s176].

Cədvəl 3

Şəhər məntəqələrində əhalinin sayı, 2009-cu il

N	Şəhər tipli yaşayış məntəqələri	Dəniz səviyyəsindən hündürlük	Əhalinin sayı, nəfər
1.	Lənkəran şəhəri	-20 m	49970
2.	Liman şəhəri	-25 m	10671
3.	Şirinsu qəsəbəsi	-26 m	1164
4.	Aşağı Nüvədi q.	-25 m	2917
5.	Balıqçılar q.	-25 m	2367
6.	Gərmətük q.	-10 m	4140
7.	Haftoni q.	180 m	2024
8.	Hirkan q.	10 m	1720
9.	İstisu q.	0 m	3221
10.	Nərimanabad q.	-25 m	4613
11.	Masallı şəhəri	0 m	8867
12.	Boradigah q.	-19 m	5781
13.	Ərkivan q.	0 m	15654
14.	Yardımlı şəhəri	750 m	6603
15.	Lerik şəhəri	1100 m	7301
16.	Cəlilabad şəhəri	18 m	42320
17.	Göytəpə şəhəri	0 m	13590
18.	Novoqolovka q.	-15 m	0
19.	Astara şəhəri	25 m	15304
20.	Ərçivan q.	-23 m	8771

Ölkənin regionları inkişaf etdikcə məhsuldar qüvvələrin səviyyəsi yüksəlir, elektrifikasiya və mexanifikasiya proseslərinin sürətlənməsi ilə kənd təsərrüfatında əl əməyinin azalması, məhsuldarlığın artması, aqrar-sənaye komplekslərinin yaradılması ilə Azərbaycanın kənd məskunlaşma sistemində köklü dəyişikliklər baş vermişdir. Kəndlərin böyüməsi, kənd təsərrüfatının müasirləşdirilməsi ilə ölkədə onlarca kəndin birləşməsinə və qəsəbələrə çevrilməsinə səbəb olmuşdur. Kənd məskunlaşmasında kiçik kəndlərin sayı azalmış, orta böyük kəndlərin çoxalmasına gətirib çıxarmışdır [11, s.100].

Kənd yaşayış məntəqələri şəhər məntəqələri ilə müqayisədə kənd təsərrüfatı üçün daha yararlı torpaq sahəsi olan ərazilərdə salınır. Ölkənin kənd təsərrüfatında sürətli inkişaf gedir, təbiətdən asılılıq azalsa da, kənd yaşayış məntəqələrinin formalaşmasında və inkişafında təbii-coğrafi şəraitin, torpaq-

iqlim məsələləri vacib, hətta həlledici rol oynayır. Kənd əhalisinin məskunlaşma areallarını təbii şərait özünəməxsus formada formalaşdırır. Kəndlərin yaranması, inkişafı və yerləşməsində coğrafi mövqe əsas rol oynayır, Lənkəran-Astara iqtisadi-coğrafi rayonunda da kəndlərin formalaşmasında bu özünü göstərmişdir.

Azərbaycanın kənd yaşayış məntəqələri sistemində baş vermiş təbii qanunauyğunluqlarla yanaşı, Sovet hakimiyyəti illərində subyektiv amillərin də mühüm təsiri olmuşdur. Kollektivləşmə, sənayeləşmə proqramlarına əsasən iri təsərrüfatlar yaradılırdı və burada işçi qüvvəsinə olan tələbat kənd əhalisi hesabına təmin edilirdi. Bunun nəticəsində kənd yerlərinin yüksək sürətlə artan əhalisinin yeni sənaye qovşaqlarına axın etməsi kiçik və orta kəndlərin tədricən boşalmasına səbəb olurdu. Həmçinin ölkədə kiçik kəndlərin əsasən dağlıq ərazilərdə yerləşməsi onların sovet hakimiyyətinin qərarı ilə boşaldılması və əhalisinin düzən ərazilərə köçürülməsi, eləcə də böyük dağ kəndlərinə lazımi iqtisadi və sosial cəhətdən diqqət göstərilmədiyindən onlar da tənəzzül uğradı. Burada səbəb kimi yüksək dağ kəndlərində əkinçiliyin inkişafı üçün kifayət qədər torpaq sahəsinin olmaması, həmçinin heyvandarlıq və arıçılığın isə az əmək tutumlu olması dağ kəndlərinin böyüməsinə imkan vermirdi. Bunun da nəticəsində əhali düzən və dağətəyi ərazilərdə sıx məskunlaşmışdır [11, s.101].

XX əsrin 2-ci yarısında məhsuldar qüvvələrin inkişafı yüksəldikcə yaşayış məntəqələri arasında nəqliyyat, iqtisadi əlaqələr, əmək, mədəni-məişət əlaqələri genişlənməmiş və intensivləşmiş, əhalinin yüksək təbii artımı, eləcə də, kəndlərin abadlaşması, sürətlə böyüməsi prosesi getmişdir. Xırda kəndlər birləşərək nisbətən daha yaxşı inkişaf etmiş böyük yaşayış məntəqələrinə çevrilmişdir [24, s.87]

Lənkəran-Astara iqtisadi-coğrafi rayonunda kəndləri əhali sayına görə kiçik, orta, böyük olaraq qruplaşdırarsaq, əhalisinin sayı 500 nəfərədək olan kəndləri kiçik, 501-2000 sakini olan kəndləri orta, 2001-dən çox olan kəndləri isə böyük kəndlər kimi qruplaşdırma bilirik (Cədvəl 4). Bu qruplaşmaya əsasən regionda 291 kiçik kənd, 272 orta kənd, 70 böyük kənd vardır. Kiçik kəndlərdə iqtisadi-coğrafi rayonun 70502 nəfər, orta ölçülü kəndlərdə 253571 nəfər, böyük kəndlərdə isə 244067 nəfər kənd əhalisi məskunlaşmışdır.

Cədvəldən görüldüyü kimi, kəndlərin sayına görə müqayisə etdikdə, Lənkəran, Masallı, Cəlilabadda kənd yaşayış məntəqələrinin əksəriyyəti orta ölçülü, Lerik, Yardımlı və Astara rayonlarında isə əhalisinin sayına görə kiçik ölçülüdür. Lerik rayonunda bütünlükdə 161 kənddən 116-sı 500 nəfərədək əhalisi olan kəndlərdir. Bunun da səbəbi kimi ərazinin dağlıq regionda yerləşməsini göstərmək olar.

Əhalisinin sayı 500 nəfərədək olan kəndlər üzrə qeyd olunmuş inzibati rayonları müqayisə etsək Lerik, Astara, Yardımlı, Cəlilabadın kiçik ölçülü kəndlərində yaşayan əhali sayı hər bir rayon üzrə 10 min nəfərdən yuxarıdır,

Lerikdə isə bu göstərici 25 min sakini keçir.

Cədvəl 4

İnzibati rayonlarda kəndlərin və kənd əhalisinin qruplaşması, 2009-cu il

Əhali sayı, nəfər	Lənkəran		Masallı		Yardımlı		Lerik		Cəlilabad		Astara	
	Əhali, nəfər	Kəndlər	Əhali, nəfər	Kəndlər	Əhali, nəfər	Kəndlər	Əhali, nəfər	Kəndlər	Əhali, nəfər	Kəndlər	Əhali, nəfər	Kəndlər
500-dək (<i>kiçik</i>)	4899	20	5632	18	11772	48	25035	116	10474	35	12690	54
501-2000 (<i>orta</i>)	45398	42	68455	58	39698	39	39636	44	57531	61	28953	28
2000-dən çox (<i>böyük</i>)	72569	21	78331	24	0	0	2580	1	66395	22	24192	7
Cəmi	122866	83	52418	100	51470	87	67251	161	134400	118	65835	89

Əhalisinin sayı 501-2000 nəfər təşkil edən orta ölçülü kəndlər isə Masallı, Cəlilabad rayonları və Lənkəran şəhərindədir. Sakin sayı hər bir rayon üzrə ayrı-ayrılıqda 45 min nəfərdən çoxdur.

Əhali sayına görə ən böyük ölçülü kəndlər isə Masallı, Lənkəran və Cəlilabadda yerləşir. Bu rayonların böyük kəndlərində hər bir rayon üçün cəmi əhali sayı 66 min nəfərdən çoxdur.

Statistik göstəriciləri müqayisə edərək görə bilərik ki, əhalisinin sayı böyük olan kəndlər əsasən düzən və dağətəyi ərazilərdə yerləşən inzibati rayon və şəhərlərdə cəmlənir. Dağlıq regionlara qalxdıqca isə bu ərazilərdə yerləşən rayon və şəhərlərdə yerləşən kəndlər əhali sayına görə daha kiçik olur. Bunu yuxarıda verilmiş cədvələ əsasən təyin etmək mümkündür. Bildiyimiz kimi, Lənkəran-Astara iqtisadi-coğrafi rayonunun dağlıq relyefdə yerləşən inzibati ərazi vahidlərinə Lerik və Yardımlı aiddir. Bu səbəbdəndir ki, məhz həmin ərazilərdə yaşayış məntəqələri əhali sayına görə kiçikdir. Yəni əhali daha çox kiçik kəndlərdə qruplaşmışdır. Həmin kəndlərdə əhali sayının az olmasının əsas səbəblərindən biri kimi dağlıq ərazilərdə kənd təsərrüfatı ilə məşğulluğun relyef baxımından uyğun olmamasını göstərə bilərik. Burada həmçinin sənayenin də

inkişafı bir o qədər də əlverişli olmadığından əhali daha çox düzən relyefə malik yaşayış məntəqələrində məskunlaşmağı üstün tutmuşdur.

Ölkəmizdə kənd məskunlaşmasında əhalinin yerləşməsi və sıxlığı baxımından relyefin müxtəlifliyi səbəbindən özünəməxsus qanunauyğunluqlar formalaşmışdır. Dəniz səviyyəsindən daha yüksək ərazilərə qalxdıqca kənd yaşayış məntəqələrində yaşayan əhalinin sayı azalır. Buna uyğun olaraq kəndlərdə olan tikililərin də sayı azalmış olur. Əhalinin sayı azalsa da, regionun kəndlərini əks etdirən cədvəllərə əsasən deyə bilərik ki, yüksəklik artdıqca əhali sayı az olsa da, kəmiyyətə kəndlərin sayı artır. Yəni əhalinin sayı baxımından kiçik ölçülü kəndlər artmış olur.

İqtisadi-coğrafi rayonda düzən ərazilərdə, əsasən də Lənkəran, Astara, Masallı və Cəlilabadda kəndlər ərazi baxımından böyüyərək yararlı torpaq sahələrini tutmağa başlayır. Eləcə də tikililər, mədəni-məişət obyektləri, infrastrukturaltarda qalan torpaqlar əkin sahələrini tutaraq kənd təsərrüfatına yararlı torpaqları sıradan çıxarır.

Aqrar sənaye sahəsində islahatların aparılması, müasir dövrə uyğun iqtisadi-sosial və hüquqi bazanın yaradılması kənd təsərrüfatı və yaşayış məntəqələrinin formalaşmasında çox vacib rol oynayır. Yaşayış məntəqələri nə qədər sıx və əhalisi çox olarsa, bu ərazilər daha yaxşı mənimsənilmiş sayılır.

Müasir dövrdə kənd yaşayış məntəqələrinin ərazisini genişləndirmək yararlı torpaqların əkin dövriyyəsiindən çıxmasına səbəb olur. İqtisadi rayonda kənd təsərrüfatının ekstensiv inkişafını nəzərə alaraq müəllif qeyd edir ki, kənd təsərrüfatına yararlı torpaq sahələrini genişləndirmədən məhsuldarlığı artırmaq çətindir. Bu səbəbdən mövcud kənd yaşayış məntəqələrini inkişaf etdirməklə keyfiyyəti artırmaq mümkündür, hansı ki, bununla gələcəkdə məskunlaşmanın səviyyəsinin də yüksəldilməsinə nail olmaq mümkündür.

Regionda əhalinin yaşayış məntəqələri üzrə qruplaşdırılmasının öyrənilməsinin elmi və praktik cəhətdən böyük əhəmiyyəti vardır. Bu baxımdan iqtisadi rayonun kənd yaşayış məntəqələrində ictimai və əmək bölgüsünün təkmilləşdirilməsi ilə məhsul istehsalında artıma, eləcə də, istehsala çəkilən xərcin azaldılmasına nail olmaq mümkündür. Kəndləri əhalinin ənənəvi məşğuliyyət sahələri, kənd təsərrüfatının müxtəlif sahələri üzrə formalaşması xüsusiyyətlərinə əsasən də qruplaşdıraraq təhlil etmək mümkündür. Bununla, həm də kəndlərdə əhalinin məşğulluq problemlərinin həlli yollarını tapmaq mümkün olar.

ƏDƏBİYYAT

1. Azərbaycanın demoqrafik göstəriciləri – 2018. Bakı: DSK, 2019, 472 s.
2. Azərbaycanın əhalisi – 2018. Bakı: DSK, 2019, 138 s.
3. Azərbaycanın regionları – 2015. Bakı: DSK, 2016

4. Azərbaycanın regionları – 2017. Bakı: DSK, 2018, 806 s.
5. Azərbaycan Respublikası əhalisinin 1999-cu il siyahıyaalması yekunları. VII hissə. Əhalinin məşğulluq vəziyyəti. Bakı: DSK, 2001, 820 c.
6. Azərbaycan Respublikası əhalisinin 2009-cu il siyahıyaalması yekunları. I hissə. Əhalinin sayı, yerləşməsi, cins, yaş tərkibi və nikah vəziyyəti. Bakı: DSK, 2010, 629 c.
7. Azərbaycan Respublikası əhalisinin 2009-cu ilin siyahıyaalma materialları. Məşğul əhalinin iqtisadiyyat sahələri üzrə bölgüsü. XIII cild. Bakı: DSK, 2010
8. Azərbaycan Respublikası regionlarının sosial-iqtisadi inkişafı Dövlət Proqramı (2004-2008-ci illər). “Azərbaycan” qəz., Bakı, 2004, 13 fevral
9. Azərbaycan Respublikası regionlarının 2009-2013-cü illərdə sosial-iqtisadi inkişafı Dövlət Proqramı. “Respublika” qəz., Bakı, 2009, 16 aprel
10. Azərbaycan Respublikası regionlarının 2014-2018-ci illərdə sosial-iqtisadi inkişafı Dövlət Proqramı. “Respublika” qəz., Bakı, 2014, 28 fevral
11. Azərbaycan Respublikasının coğrafiyası. II c., İqtisadi, sosial və siyasi coğrafiya. Bakı, 2015, 327 s.
12. Azərbaycan Respublikasının coğrafiyası. III c., Regional coğrafiya. Bakı, 2015, 400 s.
13. *Eminov Z.N.* Azərbaycanın əhalisi. Bakı: Çıraq, 2005, 560 s.
14. *Əzizov S.Q.* Lənkəran iqtisadi rayonunda yaşayış məntəqələrinin formalaşması və inkişafının sosial-iqtisadi əsasları // Azərbaycan CC-nin əsərləri. XIV c., Bakı, 2009, s.239-244
15. *Əfəndiyev V.Ə.* Urbanizasiya və Azərbaycan şəhər yaşayış məskənləri. Bakı, 2002, 395 s.
16. İnsan və ətraf mühit // Azərbaycan CC əsərləri, XX c., Bakı, 2017, 544 s.
17. Lənkəran-Astara iqtisadi rayonunda demoqrafik inkişaf problemləri və əhalinin məskunlaşması. Bakı, 2019, 216 s.
18. *Мамедов К.В.* Население Азербайджанской ССР за 60 лет. Баку: Азернешр, 1982, 112 с.
19. *Mehrəliyev E.Q., Əyyubov N.H., Sadıqov M.O.* Azərbaycan SSR-də əhalinin məskunlaşması məsələləri. Bakı: Elm, 1988, 196 s.
20. *Mehrəliyev E.Q.* Azərbaycan Respublikasında demoqrafik proseslərin regional təhlili. Bakı: Elm, 2003, 236 s.
21. *Мехралиев Э.К.* Географические проблемы формирования и размещения населения в Азербайджанской ССР. Баку: Элм, 1984, 196 с.
22. Müstəqillik yollarında 25. Bakı: Şərq-Qərb, 2016, 628 s.
23. *Paşayev N.Ə., Əyyubov N.H., Eminov Z.N.* Azərbaycan Respublikasının iqtisadi, sosial və siyasi coğrafiyası. Bakı: Çıraq, 2010, 416 s.
24. *Səmədov Q.M.* Lənkəran-Astara iqtisadi rayonunda əhalinin ərazi təşkilinin iqtisadi-coğrafi problemləri: Coğr. elm. nam. ... dis. Bakı, 2008
25. <https://www.stat.gov.az>
26. http://www.e-qanun.az/alpdata/framework/data/0/f_510.htm

UOT 57

Ə.G.Cəlilov, İ.Ş.İsmayılzadə
AMEA Zoologiya İnstitutu
anvar@zoology.science.az

ORTA XƏZƏRİN AZƏRBAYCAN AKVATORİYASININ MEZOPLANKTONUNUN MÜASİR VƏZİYYƏTİ (NÖV TƏRKİBİ, MİQDARI)

Açar sözlər: Orta Xəzər, biokütlə, qrup, say, akvatoriya, Acartia, növ tərkibi, dominant, miqdar tərkibi

Orta Xəzərin Azərbaycan akvatoriyasının mezoplanktonunun növ və miqdar tərkibinin müasir vəziyyəti tədqiq edilmişdir. 2017-2018-ci illərdə Orta Xəzərin Azərbaycan akvatoriyasında 32 mezoplankton orqanizmi qeyd edilmişdir. Orta Xəzərin Azərbaycan akvatoriyasında mezoplanktonun sayı 361-5653 fərd/m³ arasında, biokütləsi isə 12,13-88,46 mq/m³ arasında dəyişmişdir. Mezoplanktonun say və biokütləsinin maksimal inkişafı 2017-ci ilin yay fəslində, minimal inkişafı isə 2018-ci ilin qış fəslində qeydə alınmışdır. Ekzotik növlərin Xəzər ekosisteminə daxil olması mezoplanktonun növ və miqdar tərkibinin yenidən qurulmasına səbəb olmuşdur. Belə ki, artıq mezoplanktonda *Eurytemora grimmi*-nin əvəzinə *Acartia clausi* dominantlıq edir.

A.Г.Джалилов, И.Ш.Исмаилзаде

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МЕЗОПЛАНКТОНА АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ АКВАТОРИИ СРЕДНЕГО КАСПИЯ (ВИДОВОЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ)

Ключевые слова: Средний Каспий, биомасса, группа, численность, акватория, Acartia, видовой состав, доминант, количественный состав

Изучено современное состояние видového и количественного состава мезопланктона Азербайджанской акватории Среднего Каспия. В 2017-2018 годах отмечено 29 вида мезопланктона. Численность мезопланктона колеблется от 361 до 5653 экз./м³, биомасса – от 12,13 до 88,46 мг/м³. Максимальное развитие численности и биоразнообразия мезопланктона было отмечено в летнее время 2017 года, а минимальное в зимнее время 2018 года. Вступление экзотических видов в Каспийскую экосистему привело к перестройке видového и количественного состава мезопланктона. Так, уже доминирует *Acartia clausi* вместо *Eurytemora grimmi* в мезопланктоне.

A.G.Jalilov, I.Sh.Ismailzadeh

THE CURRENT STATE OF MESOPLANKTON IN THE AZERBAIJANI WATER AREA OF THE MIDDLE CASPIAN SEA (SPECIES AND QUANTITATIVE COMPOSITION)

Keywords: Middle Caspian, biomass, group, number, water area, *Acartia*, species composition, dominant, quantitative composition

The current state of species and quantitative composition of mesoplankton in the Azerbaijani water area of the Middle Caspian has been studied. In 2017-2018, 29 species of mesoplankton were observed. The number of zooplankton varies from 361 to 5653 copies/m³, biomass – from 12,13 to 88,46 mg/m³. The maximum development of the number and biodiversity of zooplankton was observed in the summer of 2017, and the minimum in the winter of 2018. The entry of exotic species into the Caspian ecosystem led to the restructuring of the species and quantitative composition of mesoplankton. Thus, *Acartia clausi* dominates instead of *Eurytemora grimmeri* in mesoplankton.

GİRİŞ

XXI əsrin əvvəllərində ekoloji şəraitin dəyişməsi, yeni ekzotik növlərin invaziyası Xəzər pelagialına, həmçinin Orta Xəzərin Azərbaycan akvatoriyası ekosisteminə güclü təsir göstərmişdir. Yem əhəmiyyətli zooplanktonun biokütləsi bir neçə dəfə azalmışdır (4). Məlumdur ki, yeni növlərin su hövzələrində məskunlaşması praktiki olaraq həmişə onların ekosistemlərinin struktur funksional təşkilində nəzərəçarpan dəyişikliklərə səbəb olur (6).

Xəzərə istisəvən növlərin invaziya olunması və kütləvi inkişaf edərək əvvəllər dominant olan endemik növləri əvəz etməsi qlobal iqlim dəyişiklərinin nəticəsidir. Belə ki, *Mnemiopsis leidyi*-nin gəlişinə qədər dominant olan *Eurytemora grimmeri*-ni *Acartia clausi* xərçəngi əvəz etmişdir. *M. leidyi*-nin Xəzərə invaziyasından sonra Xəzər zooplanktonunun biokütləsi nəzərəçarpacaq dərəcədə azalmış, növ tərkibi isə kasıblaşmışdır (1). *M.leidyi* Xəzər dənizinin Azərbaycan akvatoriyasında qeyri-bərabər yayılması ilə səciyyələnir. Mnemiopsisin Orta Xəzərdəki populyasiyası dar ölçü diapazonu və iri fərdlərin cüzi miqdarı ilə fərqlənir (3). Son illərdə Orta Xəzərin mezoplanktonunun biokütlə göstəriciləri yəqin ki, Xəzər dənizində mövcud olan biotik və abiotik amillərin təsiri nəticəsində ciddi dəyişikliklərə uğramışdır (2).

MATERIAL VƏ METODLAR

Mezoplankton nümunələri 2017-2018-ci illərdə Orta Xəzərin Azərbaycan akvatoriyasının sahilboyu sularından 38 nömrəli ipək materialdan hazırlanmış Cedi toru vasitəsilə fəsillər üzrə toplanılmışdır. Toplanmış nümunələr yerindəcə 4%-li formalinlə fiksə olunmuş və etiketləşdirilmişdir.

Nümunələrin işlənməsi hidrobiologiyada qəbul edilmiş ümumi metodika ilə aparılmışdır (5). Laboratoriyada nümunələr növ tərkibinin araşdırılması baxımından işlənilmişdir. Növ tərkibini tədqiq edən zaman ayrı-ayrı növlərin rastgəlmə tezliyi qeyd olunmuşdur. Rastgəlmə tezliyini təyin etmək üçün Ctarmax şkalasından istifadə olunmuşdur.

NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN MÜZAKİRƏSİ

2017-ci ilin yazında Rotatoria qrupuna aid olan 7 növ qeyd olunmuşdur (Cədvəl). Bu qrupun sayı 1186 fərd/m³ (Şəkil 1), biokütəsi isə 1,33 mq/m³ (Şəkil 2) təşkil etmişdir. Qrupda dominant növ *A.priodonta priodonta*-dır. Cladocera qrupu biomüxtəlifliyə görə öndədir. Onun miqdar göstəriciləri isə bu cür olmuşdur: say – 928 fərd/m³, biokütlə – 19,19 mq/m³. *Pl. polyphemoides*, *Ev.anonyx typica* və *P.trigona typica* bu qrupda dominantdırlar. Copepoda qrupuna aid olan 4 növ qeydə alınmışdır. Qrupun biokütəsi 39,85 mq/m³ təşkil etmişdir. Qrupun dominant növləri *A.clausi* və *A.tonsa* bütün mezoplanktonun biokütəsinin əsasını təşkil etmişlər. Başqa onurğasız heyvanların sürfələrindən *Balanus* sürfələri daha çox inkişaf edirlər.

2017-ci ilin yay fəslində Orta Xəzərin Azərbaycan akvatoriyasının mezoplanktonunun növ tərkibində yazla müqayisədə dəyişiklik qeydə alınmamışdır. Mezoplanktonun sayı 5653 fərd/m³, biokütəsi isə 88,46 mq/m³

Cədvəl. 2017-2018-ci illərdə Orta Xəzərin Azərbaycan akvatoriyasında mezoplanktonun növ tərkibi

İllər	2017			2018			
	Yaz.	Yay	Payız	Qış	Yaz.	Yay	Payız
Qrup və növlər	2	3	4	5	6	7	8
<i>1</i>							
Rotatoria							
<i>Brachionus plicatilis rotindiformis</i> Müller, 1786	+	+	+	-	+	+	-
<i>Keratella tropica</i> (Apstein, 1907)	+	+	-	-	-	-	-
<i>K. cochlearis</i> (Gosse, 1851)	+	+	+	-	+	+	-
<i>Synchaeta stylata</i> Wierzejski, 1893	+	+	+	+	+	+	+
<i>S. cecilia</i> Rousselet, 1902	+	+	-	+	+	+	+
<i>S. vorax</i> Rousselet, 1902	+	+	+	+	+	+	+
<i>Asplanchna priodonta priodonta</i> Gosse, 1850	+	+	+	+	+	+	+
<i>Testudunella patina patina</i> (Hermann, 1783)	-	-	-	-	+	+	-
Cladocera							
<i>Polyphemus exiguus</i> Sars, 1897	+	+	+	+	+	+	+

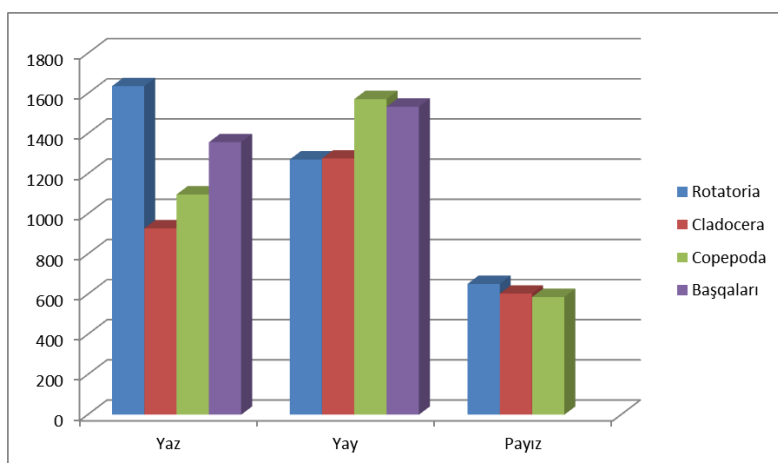
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8
<i>Cercopagis pengoi</i> (Ostroumov, 1891)	+	+	+	+	+	+	+
<i>C. socialis</i> (Grimm, 1877)	+	+	+	+	+	+	+
<i>C. prolongata</i> Sars, 1897	+	+	+	-	-	-	-
<i>Pleopis polyphemoides</i> (Leuckart, 1859)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Evadne anonyx typica</i> Sars, 1897	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ev. anonyx producta</i> Sars, 1897	+	+	+	-	+	+	+
<i>Ev. anonyx deflexa</i> Sars, 1897	+	+	+	-	-	-	-
<i>Ev. anonyx prolongata</i> Behning, 1938	+	+	+	-	-	-	-
<i>Podonevadne trigona typica</i> Sars, 1897	+	+	+	+	+	+	+
<i>P. trigona trigonoides</i> Sars, 1897	+	+	+	-	+	+	+
<i>P. trigona intermedia</i> Sars, 1897	+	+	+	+	+	+	+
<i>P. trigona pusilla</i> Sars, 1897	+	+	+	-	+	+	+
<i>P. trigona rotundata</i> Sars, 1897	+	+	+	-	-	-	-
<i>P. camptonyx typica</i> (Sars, 1902)	+	+	+	+	+	+	+
<i>P. angusta</i> (Sars, 1902)	+	+	+	+	+	+	+
Copepoda							
<i>Calanipeda aquae dulcis</i> Kritschagin, 1873	+	+	+	+	+	+	+
<i>Hetercope caspia</i> Sars, 1897	+	+	+	+	+	+	+
<i>Acartia tonsa</i> Dana, 1849	+	+	+	+	+	+	+
<i>A. clausi</i> Giesbrecht, 1889	+	+	+	+	+	+	+
<i>Halicyclops sarsi</i> Akatova, 1935	+	+	+	-	-	-	-
Başqaları							
<i>Mnemiopsis</i> sürfələri	+	+			+	+	
<i>Balanus</i> sürfələri	+	+			+	+	
Mollusca sürfələri	+	+			+	+	

səviyyəsində qeyd olunmuşdur. Miqdar göstəriciləri yazdakı göstəricilərdən xeyli yüksək olmuşdur. Rotatoria qrupunun miqdarı isə bir qədər aşağı düşmüşdür. Cladocera qrupunun sayı 1276 fərd/m³, biokütlesi isə 28,06 mq/m³ təşkil etmişdir. Bu göstəricilər yazdakından xeyli yüksəkdir. Qrupda yayda da *Pl. polyphemoides* geniş yayılmışdır. Onun miqdarı yazdakı göstəricilərdən 2 dəfə yüksək olmuşdur. Copepoda qrupu 4 növlə təmsil olunmuşdur. Qrupun sayının göstəriciləri 1085 fərd/m³, biokütlesinin göstəriciləri isə 39,85 mq/m³ səviyyəsində qeyd olunmuşdur. Bu qrupun dominant növləri olan *A. clausi* və *A. tonsa* bütün mezoplanktonda üstünlük təşkil etmişlər. Başqa onurğasız heyvanların sürfələrindən *Mnemiopsis* sürfələri daha çox inkişaf edirlər.

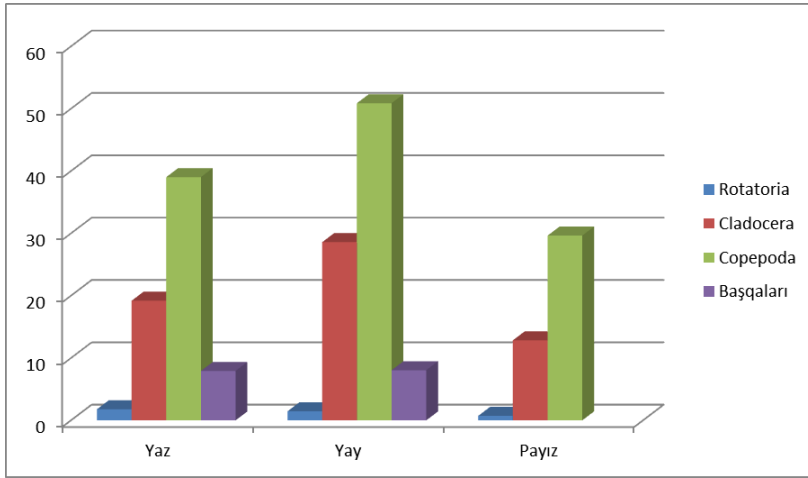
2017-ci ilin payız fəslində biomüxtəliflik baxımından Cladocera qrupu zəngindir. Mezoplanktonun sayı 1840 fərd/m³, biokütləsi isə 43,22 mq/m³ təşkil etmişdir. Biokütlənin isə ən yüksək həddi Copepoda, sayın ən yüksək həddi isə Rotatoria qrupunda qeyd olunmuşdur. Rotatoria qrupu 5 növlə təmsil olunmuşdur. Bu növlərdən *K.cochlearis*, *A.priodonta priodonta* çoxsaylıdır.

Cladocera qrupuna aid olan 15 növ qeyd olunmuşdur. Şaxəbiğciqlı xərçənglərin içərisində say və biokütləsinə görə *Pl. polyphemoides* və *Ev. anonyx typica* seçilir. Cladocera qrupunun sayı 603 fərd/m³, biokütləsi isə 12,85 mq/m³ qeyd olunmuşdur. Copepoda qrupuna aid olan 5 növ qeyd olunmuşdur. Dominant növlər olan *A.clausii* və *A. tonsa* daha çox say və biokütlə əmələ gətirirlər. Qrupun sayı 586 fərd/m³-ə, biokütləsi isə 29,64 mq/m³-ə çatır. Başqa onurğasız heyvanların sürfələri qeyd olunmamışdır.

Ümumiyyətlə, 2017-ci ildə Orta Xəzərin Azərbaycan akvatoriyasında mezoplanktonun sayı 1840-5653 fərd/m³ arasında, mezoplanktonun biokütləsi isə 43,22-88,46 mq/m³ intervalında dəyişmişdir. Mezoplanktonun maksimal sayı və biokütləsi yayda qeydə alınmışdır. Rotatoria qrupunda orta say 1186 fərd/m³, orta biokütlə isə 1,33 mq/m³ səviyyəsində qeydə alınmışdır. Cladocera qrupunun orta sayı 935 fərd/m³-ə, orta biokütləsi isə 20,03 mq/m³-ə çatmışdır. Qrupda *Pl.polyphemoides* sayına və biokütləsinə görə geniş yayılmışdır. Onun orta sayı 214 fərd/m³, orta biokütləsi isə 6,42 mq/m³ təşkil etmişdir. Copepoda qrupu 5 növlə təmsil olunmuşdur. Qrupun orta sayı 1085 fərd/m³-ə, orta biokütləsi isə 39,85 mq/m³-ə bərabər olmuşdur. Qrupun sayının və biokütləsinin əsas hissəsini *A.clausii* və *A.tonsa* təşkil edirlər. Orta Xəzərin Azərbaycan akvatoriyasında Copepoda qrupunun sayı 586 ilə 1572 fərd/m³, biokütləsi isə 39,03 ilə 50,88 mq/m³ intervalında tərəddüd etmişdir. Mezoplanktonun orta sayı 4170 fərd/m³, orta biokütləsi isə 66,54 mq/m³ olmuşdur.



Şəkil 1. 2017-ci ildə Orta Xəzərin Azərbaycan akvatoriyasında mezoplanktonun sayının fəsilər üzrə dinamikası (fərd/m³).



Şəkil 2. 2017-ci ildə Orta Xəzərin Azərbaycan akvatoriyasında mezoplanktonun biokütləsinin fəsilər üzrə dinamikası (mq/m^3).

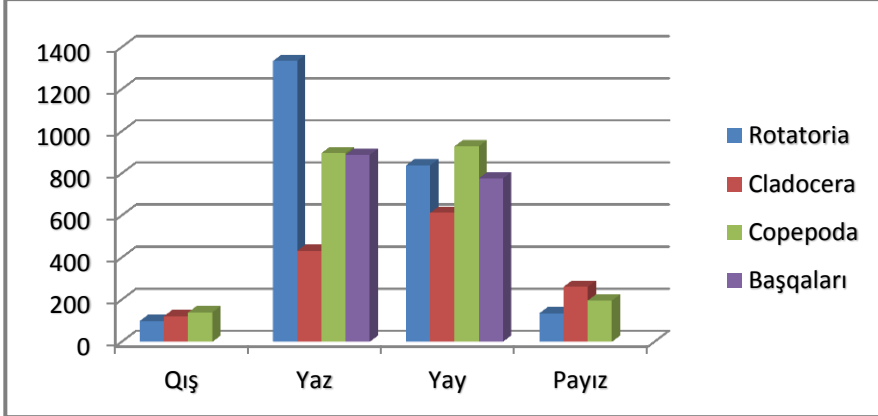
2018-ci ilin qış fəslində Orta Xəzərin Azərbaycan akvatoriyasının mezoplanktonunda Rotatoria qrupu *Synchaeta* cinsindən olan 3 növə və *A.priodonta priodonta* ilə təmsil olunmuşdur. Cladocera qrupuna aid olan 9 növ qeyd olunmuşdur. Copepoda qrupuna daxil olan 4 növə rast gəlinmişdir. Qış fəslində onurğasız heyvanların sürfələrinə rast gəlinməmişdir. Qışda mezoplanktonun sayının 27,42%-i Rotatoria qrupunun, 33,79%-i Cladocera qrupunun, 38,78%-i isə Copepoda qrupunun payına düşmüşdür. Mezoplanktonun biokütləsinin 0,99%-ni rotatorilər, 25,72%-ni şaxəbiğciqlı xərçənglər, 73,29%-ni isə kürəkayaqlı xərçənglər təşkil etmişdir.

2018-ci ilin yazında Orta Xəzərin Azərbaycan akvatoriyasının mezoplanktonunun orta sayı $3550 \text{ fərd}/\text{m}^3$, (Şəkil 3) orta biokütləsi isə $46,88 \text{ mq}/\text{m}^3$ (Şəkil 4) səviyyəsində qeyd olunmuşdur. Rotatoria qrupu yazda 7 növə təmsil olunmuşdur. Bu növlərdən *K.cochlearis* və *S.vorax* daha geniş yayılmışlar. Yazda qrupun sayı $432 \text{ fərd}/\text{m}^3$ -ə, biokütləsi isə $12,04 \text{ mq}/\text{m}^3$ -ə çatmışdır. Yazda Cladocera qrupuna aid olan 12 növ qeyd olunmuşdur. Bu qrupun növ tərkibi zəngindir. Şaxəbiğciqlı xərçənglər arasında *Pl.polyphemoides* daha geniş yayılmışdır. Qrupun sayı $432 \text{ fərd}/\text{m}^3$, biokütləsi isə $12,04 \text{ mq}/\text{m}^3$ təşkil etmişdir. Copepoda qrupu 4 növ ilə təmsil olunmuşdur. Bu növlərin içərisində bütün mezoplanktonda dominant olan *A.clausii* və *A.tonsa* daha geniş yayılmışlar. Qrupun sayı $896 \text{ fərd}/\text{m}^3$, biokütləsi isə $26,99 \text{ mq}/\text{m}^3$ səviyyəsində qeyd alınmışdır. Başqa onurğasız heyvanların sürfələrindən *Balanus* sürfələri daha çoxsaylıdır. Yazda mezoplanktonun sayı $3550 \text{ fərd}/\text{m}^3$, biokütləsi isə $26,99 \text{ mq}/\text{m}^3$ səviyyəsində müşahidə edilmişdir.

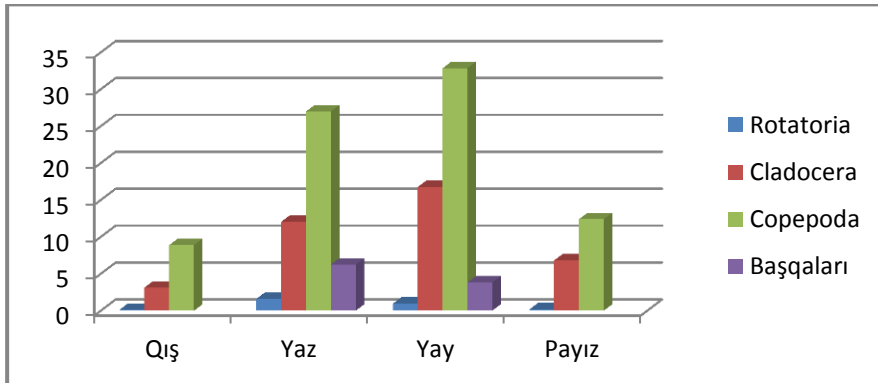
2018-ci ilin yayında Orta Xəzərin Azərbaycan akvatoriyasının mezoplanktonunda 23 növ və 3 başqa onurğasız heyvan sürfəsi qeyd edilmişdir. Mezoplanktonun sayı 3156 fərd/m^3 , biokütləsi isə $54,41 \text{ mq/m}^3$ təşkil etmişdir. Onun sayında yazla müqayisədə azalma, biokütləsində isə artma qeydə alınmışdır. Sayda azalma Rotatoria qrupunun sayının azalması ilə əlaqədardır. Bu qrup 7 növlə təmsil olunmuşdur. Bu qrupda *K.cochlearis* daha geniş yayılmışdır. *K.cochlearis*-in sayı 351 fərd/m^3 , biokütləsi isə $0,35 \text{ mq/m}^3$ səviyyəsində qeyd olunmuşdur. *S.stylata*, *S.cecilia* və *T.patina patina* isə az rast gəlinirlər. Cladocera qrupuna aid olan 12 növə rast gəlinmişdir. Şaxəbiğciqlı xərçənglər faunası mezoplanktonun digər qruplarına nisbətən daha zəngindir. Qrupun sayı 613 fərd/m^3 , biokütləsi isə $16,77 \text{ mq/m}^3$ təşkil etmişdir. Bu qrupda *Pl.polyphemoides*, *Ev. anonyx typica*, *P.trigona typica* və *P.exiguus* daha geniş yayılmışlar. *Pl. polyphemoides*-in sayı 211 fərd/m^3 , biokütləsi isə $6,33 \text{ mq/m}^3$, *Ev. anonyx typica*-nın sayı 75 fərd/m^3 , biokütləsi isə $1,33 \text{ mq/m}^3$ səviyyəsində qeyd olunmuşdur. *P.trigona typica*-nın sayı 76 fərd/m^3 , biokütləsi isə $1,06 \text{ mq/m}^3$, *P. exiguus*-un sayı 69 fərd/m^3 , biokütləsi isə $0,48 \text{ mq/m}^3$ səviyyəsində müşahidə edilmişdir. Şaxəbiğciqlı xərçənglərin sayının və biokütləsinin maksimal göstəriciləri yayda qeydə alınmışdır. Copepoda qrupu növ 5 növ ilə təmsil olunmuşdur. Yayda kürəkayaqlı xərçənglərin maksimal inkişafı müşahidə olunmuşdur (say – 929 fərd/m^3 , biokütlə $32,85 \text{ mq/m}^3$). Bu qrupa aid olan növlərdən *A.clausi* və *A. tonsa* biokütləsinə görə bütün mezoplanktonda dominantdırlar. Belə ki, yayda orta hesabla bütün mezoplanktonun biokütləsinin $23,54\%$ -i *A. clausi*-nin, $22,59\%$ -i isə *A. tonsa*-nın payına düşür. Onların maksimal inkişafı yayda müşahidə edilmişdir. Yayda başqa onurğasız heyvanların sürfələrindən *Mnemiopsis* sürfələri daha çoxsaylıdırlar.

2018-cü ilin payızında Orta Xəzərin Azərbaycan akvatoriyasının mezoplanktonunun say və biokütlə göstəricilərində azalma müşahidə edilmişdir. Mezoplanktonun sayı 592 fərd/m^3 -ə, biokütləsi isə $19,39 \text{ mq/m}^3$ -ə qədər enmişdir. Rotatoria qrupu 4 növlə təmsil olunmuşdur. Qrupun sayı 135 fərd/m^3 , biokütləsi isə $0,17 \text{ mq/m}^3$ təşkil etmişdir. Rotatorilərdən *A. priodonta* daha geniş yayılmışdır. Onun orta sayı 45 fərd/m^3 , orta biokütləsi isə $0,05 \text{ mq/m}^3$ -ə çatmışdır. Cladocera qrupuna aid olan 12 növ qeyd olunmuşdur. Bu qrupun orta sayı 261 fərd/m^3 , orta biokütləsi isə $6,82 \text{ mq/m}^3$ təşkil etmişdir. Şaxəbiğciqlı xərçənglərdən *Pl. polyphemoides* daha geniş yayılmışdır. Onun orta sayı 77 fərd/m^3 , orta biokütləsi isə $2,31 \text{ mq/m}^3$ səviyyəsində qeydə alınmışdır. Copepoda qrupu 4 növlə təmsil olunmuşdur. Qrupun sayı 196 fərd/m^3 , orta biokütləsi isə $12,4 \text{ mq/m}^3$ dir. Dominant növlər olan *A.clausi* və *A.tonsa*-nın qrupun orta biokütləsində payı $81,85\%$, bütün mezoplanktonun orta biokütləsində payı isə $52,35\%$ təşkil etmişdir. *C.aquae dulcis*-in orta sayı 23 fərd/m^3 -ə, orta biokütləsi isə $0,92$ -ə, *H.caspia*-nın orta sayı 17 fərd/m^3 -ə, orta biokütləsi isə $1,33 \text{ mq/m}^3$ -ə bərabər olmuşdur. Qrupun orta sayının $11,73\%$ -i,

orta biokütləsinin isə 7,42%-i *C.aquae dulcis*-in payına düşür. Qrupun sayının 8,67%-i, orta biokütləsinin isə 10,73%-i *H.caspia*-nın payına düşür. Payız fəslində başqa onurğasız heyvanların sürfələrinə rast gəlinməmişdir.



Şəkil 3. 2018-ci ildə Orta Xəzərin Azərbaycan akvatoriyasında mezoplanktonun sayının fəsilər üzrə dinamikası (fərd/m³).



Şəkil 4. 2018-ci ildə Orta Xəzərin Azərbaycan akvatoriyasında mezoplanktonun biokütləsinin fəsilər üzrə dinamikası (mq/m³).

2017-2018-ci illərdə Orta Xəzərin Azərbaycan akvatoriyası mezoplanktonunda 29 növə və 3 qrupa aid olan başqa onurğasız heyvan sürfəsinə rast gəlinmişdir. Orta Xəzərin Azərbaycan akvatoriyasında mezoplanktonun sayı 361–5653 fərd/m³ arasında, biokütləsi isə 12,13–88,46 mq/m³ arasında dəyişmişdir. Mezoplanktonun say və biokütləsinin maksimal inkişafı 2017-ci ilin yay fəslində, minimal inkişafı isə 2018-ci ilin qış fəslində qeydə alınmışdır. Ekzotik növlərin Xəzər ekosisteminə daxil olması mezoplanktonun növ və miqdar tərkibinin yenidən qurulmasına səbəb olmuşdur. Belə ki, subdominant növlər olan *A.clausii* və *A.tonsa* dominantlıq etməyə başlamışlar.

ƏDƏBİYYAT

1. *Cəlilov Ə.G.* Qlobal iqlim dəyişiklikləri şəraitində Xəzər dənizinin Azərbaycan akvatoriyasında mezoplanktonun yayılması. // АМЕА Зоологија Институтунун əsərləri, Bakı, Elm, XXIX c., s. 60-65
2. *Алекперов И.Х., Джалилов А.Г.* Динамика распределения мезопланктона в акватории Азербайджанского сектора Среднего Каспия // Сохранение и восстановление биологических ресурсов Каспийского моря, Баку: Элм, 2013, с.278-283
3. *Джалилов А.Г.* Численность и размерный состав популяции гребневика *Mnemiopsis leidyi* Азербайджанского сектора Каспийского моря // Морская экология 2007, Владивосток, Россия, Т.І, 2007, с.186-190
4. *Джалилов А.Г.* Распределение мезопланктона Азербайджанского сектора Среднего Каспия в новых экологических условиях // Наука и образование. Россия, Ярославль, Ч.1, 2008, с.550-552
5. *Касымов А.Г.* Методы мониторинга в Каспийском море. Баку, 2000, 57 с.
6. *Alekperov I.Kh.* Biodiversity and distribution of plankton communities in the Middle-Western part of the Caspian Sea // Proceeding of the “Man and Biosphere” (MAB, UNESCO) Azerbaijan Nat.Com.), 2011, pp.251-264

UOT: 666

S.B.Əliyeva
Bakı Dövlət Universiteti
solmaz.aliyeva@yahoo.com

HİBRİD KOMPOZİTLƏR – ƏDƏBİYYAT İCMALI

Açar sözlər: *hibrid kompozit, zol-gel metodu, interkalyasiya*

Təqdim edilmiş icmal məqalə hibrid kompozitlərə həsr edilmişdir. Məqalədə kompozit və hibrid kompozit terminlərinin fərqləri izah edilmiş və sintez metodları şərh olunmuşdur. Həmçinin məqalədə zol-gel, polimerin ərintidə və məhlulda qeyri-üzvi komponentlə qarışdırılması və *in situ* polimerləşmə metodları ilə polimer matrisli kompozitlərin sintezinə aid son on ildə aparılmış tədqiqat işlərinə də yer verilmişdir.

C.Б.Алиева

ГИБРИДНЫЕ КОМПОЗИТЫ – ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Ключевые слова: *гибридный композит, метод золь-гель, интеркаляция*

Обзорная статья посвящена гибридным композитам. В статье описаны различия между терминами композит и гибридный композит, а также описаны методы синтеза. В статью также включены исследования, проведенные последние десять лет по синтезу полимер-матричных композитов методами золь-гель, смешивание полимерного сплава и раствора с неорганическими компонентами и *in situ* полимеризации мономеров интеркалированных в межслоевое пространство слоистых веществ.

S.B.Aliyeva

HYBRID COMPOSITES – LITERATURE REVIEW

Keywords: *hybrid composite, sol-gel method, intercalation*

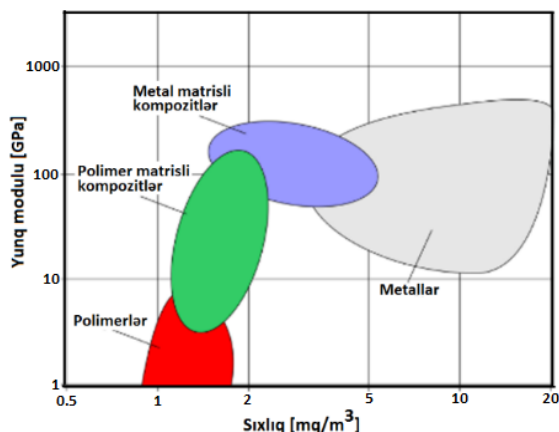
The review article is devoted to hybrid composites. The article describes the differences between the terms composite and hybrid composite and also describes the methods of synthesis. The article also includes studies on the synthesis of polymer-matrix composites over the past ten years using methods such as sol-gel, melt mixing, solution mixing and *in situ* polymerization of monomers intercalated into the interlayer space of layered compounds.

Giriş

Kompozit material iki və ya daha çox sayda komponentdən ibarət olan materialdır. Adətən kompozitin bir komponenti matris, digər komponenti isə doldurucu adlandırılır. Matrisin tipindən asılı olaraq kompozit materialları metal matrisli, qeyri-metal matrisli və polimer matrisli kompozitlərə ayrılır. Polimer matrisli kompozitlərin hazırlanması istifadə edilən polimerin termoreaktiv və ya termoplastik olmasından asılı olmayaraq metal matrisli və qeyri-metal matrisli kompozitlərə nisbətən daha asandır və bu asanlıq polimerlərin emalı üçün nisbətən aşağı temperaturların tələb olunması ilə əlaqədardır [1].

Doldurucular səth modifikasiyaedici agentlərdən və texnoloji əlavələrdən fərqli olaraq polimerə nisbətən daha yüksək qatılıqlarda (>5%) əlavə olunur [2]. Mascia tərəfindən təklif edilmişdir ki, doldurucular onların materiala verdiyi əsas xassələr (məsələn, mexaniki, elektrik, termiki, alovlanma vaxtının gecikdirilməsi, həlledici və aqressiv maddələrə qarşı davamlılıq və s.) əsasında təsnif edilsin [3]. Lakin doldurucular bəzi hallarda həm də çoxfunksiyalı olur və kompozitin əsas xassəsini dəyişməklə yanaşı, ona bioloji parçalanma, uzunömürlülük, bioloji aktivlik, şüa adsorbsiya etmək qabiliyyəti kimi əlavə xassələr də verir [2].

Kompozitləri təşkil edən komponentlər öz xassələrinə görə bir-birlərindən fərqlənir və onların bir materialda birləşməsi əvvəlcədən təxmin edilməsi çətin olan sinergetik effekt yaradır (Şəkil 1) [4].



Şəkil 1. Polimerlər, metallar və onların kombinasiyasından əmələ gələn polimer matrisli və metal matrisli kompozitlərin sıxlığının Yunq modulundan asılılığı [4]

Kompozitlərdə materialın qeyri-üzvi komponentinin ölçüsü, adətən bir neçə mikrondan bir neçə millimetərə qədər olur ki, bu da alınan materialın xassələrinin qeyri-bircinsliliyinə səbəb olur. Qeyd edilmiş çatışmazlığın aradan

qaldırılması kompoziti təşkil edən komponentlərdən birinin 1 µm-dan kiçik ölçülərə qədər kiçildilməsi yolu ilə mümkün olmuşdur [2].

Tədqiqatda istifadə edilən materiallar və metodika

Məqalədə hibrid kompozitərin sintezinə aid 2007-2018-ci illərdə nəşr olunmuş tədqiqat işlərinin nəticələrindən istifadə edilmişdir.

Tədqiqatın şərhı

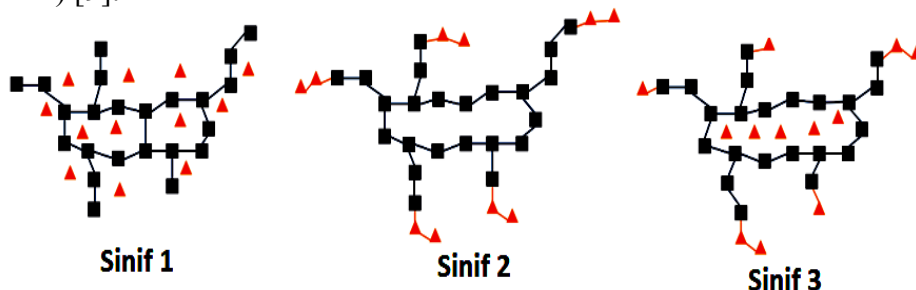
1. Hibrid kompozit materiallar haqqında ümumi məlumat

Beynəlxalq Nəzəri və Tətbiqi Kimya Dərnəyi (IYUPAK) tərəfindən qeyri-üzvi, üzvi və ya hər iki tip komponentlərin eynicinsli qarışığından ibarət olan materiallar hibrid kompozitlər kimi adlandırılır (komponentlərin ölçüsü, adətən 1 µm-dən kiçik olur) [5]. Lakin Kikelbik tərəfindən qeyd edilmişdir ki, bu tərif genişdir və onun bəzi çatışmayan cəhətləri var. Belə ki, qeyd olunan tərif bir çox qeyri-üzvi kristallik materialları, polimer qarışıqlarını və nanokompozitləri də əhatə edir. Kikelbik hibrid kompozitlər üçün aşağıdakı tərif təklif etmişdir: hibrid kompozit, materialda molekulyar dispersləşmiş ən azı iki, əsasən də qeyri-üzvi və üzvi komponentlərdən ibarət olan materialdır [6]. Kikelbikin “Hybrid Materials – Past, Present and Future” adlı məqaləsində, həmçinin digər elmi ədəbiyyatlarda hibrid kompozit və nanokompozit terminlərinin (nanokompozitlərə komponentlərindən birinin ölçüsü 1-100 nm olan materiallar aid edilir) aydın müqayisə olunmadığı qeyd edilmişdir. O, hesab edir ki, komponentlərindən biri 1-100 nm intervalında olan qeyri-üzvi və üzvi komponentlərin molekulyar dispersləşməsindən alınmış hibrid kompozitin xassələri analogi komponentlərdən alınmış nanokompozitin xassələrindən fərqli ola bilər [6].

Yuxarıda qeyd edilənlərdən başqa hibrid kompozitlər üçün verilmiş digər təriflər də məlumdur: hibrid kompozit dedikdə, kimyəvi cəhətdən bir-birindən fərqlənən komponentlərin (adətən bir üzvi və bir və ya bir neçə nanoölçülü qeyri-üzvi) qarşılıqlı təsir hesabına ilkin komponentlərin xassə və quruluşlarından fərqli, lakin əksər hallarda onlardan ötürülmüş xassələrə malik olan material başa düşülür [7].

Sançez-Ribot hibrid kompozitləri [8] üzvi və qeyri-üzvi komponentlər arasında yaranan rabitənin qeyri-kovalent və ya kovalent olmasından asılı olaraq iki sinfə ayırmışdır (Sınıf I və Sınıf II). Bu təsnifata əsasən Sınıf I hibrid kompozitlərinin komponentləri zəif rabitələrlə (hidrogen, Van der Vaals qarşılıqlı təsirlər, ion rabitəsi, π - π qarşılıqlı təsirləri və ya elektrostatik qüvvələr) (Şəkil 2), Sınıf II hibrid kompozitlərinin komponentləri isə güclü kimyəvi rabitələrlə (kovalent və ya ion-kovalent) (Şəkil 2) əlaqələnir. Daha sonra isə Vojcik və Klein hibrid stukturların əlavə olaraq üçüncü sinfini (Sınıf

III) də fərqləndirmiş və bura həm qeyri-üzvi komponentlərin polimer matrisində dispersləşməsi, həm də qeyri-üzvi komponentlə üzvi komponent arasında kimyəvi rəbitənin yaranması müşahidə olunan strukturları da əlavə etmişdir (Şəkil 2) [9].



Şəkil 2. Sinif I, Sinif II və Sinif III hibrid kompozitlərin komponentlərinin materialda sxematik təsviri; ▲-qeyri-üzvi komponent, ■-üzvi komponent [10]

Hibrid kompozitlərin əsas sintez metodları

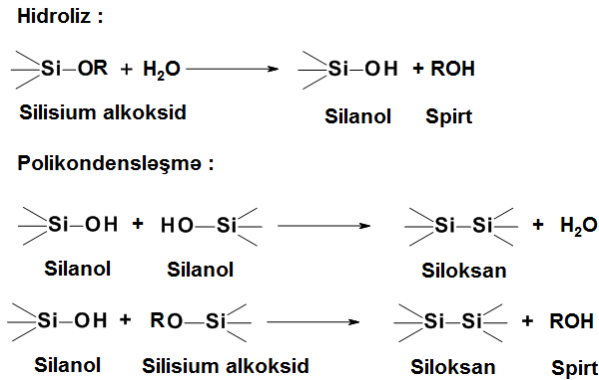
Hibrid kompozitlərin sintezi üçün hazırda daha çox istifadə edilən metodlar aşağıdakılardır: zol-gel metodu (və ya templat sintez), polimerin əritidə qeyri-üzvi komponentlə qarışdırılması, polimerin məhlulda qeyri-üzvi komponentlə qarışdırılması və laylı quruluşlu maddələrin laylararası boşluğuna interkalyasiya edilmiş monomerin *in situ* polimerləşməsi. Qeyd etmək lazımdır ki, sintez edilmiş hibrid kompozitin elektrik, termal və mexaniki xassələri doldurucunun polimer matrisində dispersləşməsindən, yəni sintez metodundan əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır [7].

Zol-gel metodu və ya templat sintez. Zol-gel metodu və ya templat sintez bir neçə onillikdə nisbətən aşağı temperaturda keramika prekursorları və qeyri-üzvi şüşə hazırlamaq üçün geniş tətbiq edilmişdir. 1846-cı ildə Ebelmanl və Qraham tetraetilortosilikatın turş mühitdə hidrolizindən lifşəkilli SiO₂ alınması haqqında məlumat vermiş [11] və 1950-ci ildə bu metod Bredi və əməkdaşları tərəfindən fenilsilseskvioksan-alkilsilseskvioksan sopolimerinin alınması üçün tətbiq edilmişdir [12]. 1985-ci ildə zol-gel metodu Uilks və əməkdaşları [13] tərəfindən “keramer”, Şmidt və əməkdaşları [14] tərəfindən isə “ormosil” və ya “ormoser” adlandırılan yeni hibrid kompozitlərin yaradılması üçün istifadə olunmuşdur.

Zol-gel prosesi adətən su və ya üzvi həlledici mühitində aparılır və onun prekursorları metal halogenidləri, silisium və metalların alkoksidləri (Me(OR)_n, Me=Ti, Zn, Al, Sn, Ce, Mo, W, lantanoidlər və s., R=Alk) hesab olunur [15]. Zol-gel prosesi bir neçə mərhələdən ibarətdir. Bu mərhələlərə zolun formalaşması ilə nəticələnən prekursorların ardıcıl hidrolizi (üzvi-həlledicilərdə qeyri-hidrolitik proses) və nukleofil əvəzetmə mexanizmi vasitəsilə kondensləşmə aiddir. Müəyyən edilmişdir ki, silisium alkoksidlərindən fərqli

olaraq metal alkoksidlərinin suda hidroliz reaksiyası çox sürətli baş verir. Zol bir-biri ilə zəif qarşılıqlı təsirdə olan ayrı-ayrı hissəciklərdən ibarət kolloid məhluldur və tikilmə reaksiyaları nəticəsində gelə çevrilir (sulu gel). Bu struktur sonrakı mərhələdə gəlin qurudulma şəraitindən (buxarlandırmaqla qurutma və ya superkritik qurutma) asılı olaraq kserogel və ya aerogelə çevrilir [15].

Zol-gel proses zamanı sulu məhlulda baş verən kimyəvi reaksiyaları alkoksisilan nümunəsində nəzərdən keçirək. Birinci mərhələdə alkoksisilanın hidrolizi yolu ilə həlledicidə dispersləşmiş Si-OH qrupları saxlayan nanoölçülü hissəciklər alınır (zol). İkinci mərhələdə isə Si-OH qrupları saxlayan zol hissəciklərinin digər Si-OH və alkoksisilan ilə polikondensləşməsi nəticəsində məsamələrinə həlledici molekulları saxlayan gel formalaşır (Şəkil 3) [16].



Şəkil 3. Zol-gel proses zamanı sulu məhlulda baş verən kimyəvi reaksiyalar [16]

Zol-gel proses zamanı tullantı suları ayrılmadığı üçün bu üsul ekoloji baxımdan əlverişli sayılır. Həmçinin zol-gel metodu ucuz başa gəlir və aşağı temperaturlarda aparılır, yüksək təmizlik dərəcəli şəffaf və homogen bərk materialların alınması üçün istifadə edilir [15].

Polimerin ərintidə qeyri-üzvi komponentlə qarışdırılması. Bu üsulla hibrid kompozitlərin sintezi yüksək temperatur təsiri ilə polimer ərintisinin alınması, nanoölçülü doldurucunun polimer ərintisinə əlavə edilməsi və nəhayət, doldurucunun polimer ərintisində homogen paylanması üçün qarışdırılma mərhələlərindən ibarətdir. Polimerin ərintidə qeyri-üzvi komponentlə qarışdırılması metodu ilə hibrid kompozitlərin alınması üçün həlledici istifadə edilmir və buna görə də üsul ekoloji baxımdan əlverişli sayılır. Həmçinin bu metod sənaye prosesləri olan təzyiqliq altında tökmə və ekstruziya prosesləri ilə hibrid kompozitlərin alınmasına imkan verir [17]. Lakin polimerin ərintidə qeyri-üzvi komponentlə qarışdırılması metodu yalnız termoplastik polimer matrisili hibrid kompozitlərin hazırlanması üçün tətbiq edilir [1].

Bundan başqa proses zamanı istifadə edilən yüksək temperaturlar modifikasiya edilmiş doldurucunun səthində olan funksional qrupların parçalanmasına səbəb ola bilər. Məsələn alkilammonium ilə modifikasiya edilmiş üzvi gillər 140°C-dən çox temperaturlarda parçalanırlar. Polimerlərin isə termiki işlənməsi adətən 190-220°C temperatur intervalında aparılır [18]. Bu cür halların baş verməməsi üçün işlənmə şəraitinin optimallaşdırılması yaxşı dispersləşmiş materialın alınmasında vacib rol oynayır.

Polimerin məhlulda qeyri-üzvi komponentlə qarışdırılması. Qeyd olunmuş üsul ilə hibrid kompozitlərin alınması bir neçə mərhələdən ibarətdir [19]: 1) qeyri-üzvi nanoölçülü doldurucunun həlledicidə dispersləşdirilməsi və polimer məhlulunun hazırlanması; 2) doldurucu və polimer məhlullarının qarışdırılması; 3) həlledicinin tənzimlənən buxarlandırılması və (və ya) hibrid kompozitin çökdürülməsi. Polimer məhlulunun qarışdırılması yolu ilə hibrid kompozitlərin alınması üsulu sadə və ucuzdur. Lakin bu üsulun proses zamanı qeyri-üzvi nanohissəciklərin aqlomerasiyaya meyilli olmaları kimi çatışmazlığı vardır və proses zamanı həlledici istifadəsinin zəruriliyi onu ekoloji cəhətdən əlverişsiz edir.

İnterkalyasiya olunmuş monomerlərin *in situ* polimerləşməsi. İnterkalyasiya olunmuş monomerlərin *in situ* polimerləşməsi maye monomer molekullarının və ya monomer məhlulunun laylı quruluşlu maddənin (məsələn, qrafit və ya onun törəmələri, V_2O_5 , MoS_2 , MoO_3 , gillər, laylı ikiqat hidroksidlər) laylararası boşluğuna interkalyasiya edilərək polimerləşməsinə əsaslanır. Bu metodun üstün cəhəti ondan ibarətdir ki, həm termoplastik, həm də termoreaktiv polimer matrisli hibrid kompozitləri sintez etmək olar [18].

2. Müxtəlif üsullarla son illərdə sintez edilmiş polimer matrisli kompozitlər

Zol-gel metodu ilə Budnyak və əməkdaşları tərəfindən tetraetoksisilanın bioloji polimer olan xitozan məhlulunda hidrolizinə əsaslanan xitozan-silسيوم nanokompozitinin sintezi həyata keçirilmişdir. Əldə edilmiş nanokompozit tullantı sularında mikromiqdarda olan $V(V)$, $Mo(VI)$, və $Cr(VI)$ ionlarının təmizlənməsində sorbent kimi tətbiq edilmişdir. Sorbsiyaya məhlulun pH qiymətinin, metal ionlarının başlanğıc qatılığının və sorbsiya müddətinin təsiri öyrənilmiş və alınmış nəticələr təmiz xitozan ilə sorbsiyadan alınmış nəticələrlə müqayisə edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, xitozan-silسيوم nanokompozitinin $V(V)$, $Mo(VI)$, və $Cr(VI)$ ionlarına qarşı sorbsiya tutumu təmiz xitozana nisbətən daha çoxdur [16].

Doğan və əməkdaşları tərəfindən poli(metilmetakrilat) (PMMA) və nanohidroksiapatit (nHAp) əsasında polimerin ərintidə qeyri-üzvi komponentlə qarışdırılması metodu ilə iki vintli ekstruderdə lent şəklində formalaşdırılmış PMMA/nHAp nanokompozit sintez edilmişdir. Müəlliflər tərəfindən alınmış

materialın həm faza tərkibi, funksional qrupları və morfologiyası uyğun olaraq rentgen faza analizi, infraqırmızı spektroskopiyaya və skanedici elektron mikroskopiyaya metodları ilə öyrənilmiş, həm də onun qanla uyğunluğu, sitotoksikiliyi və genotoksikiliyi tədqiq edilmişdir. Alınmış nəticələr əsasında müəyyən edilmişdir ki, PMMA/nHAp nanokompoziti bioloji olaraq uyğundur, sitotoksiki effekt göstərmir və nanohidroksiapatitin polimerə əlavə edilməsi onun genotoksikiliyini azaldır [20].

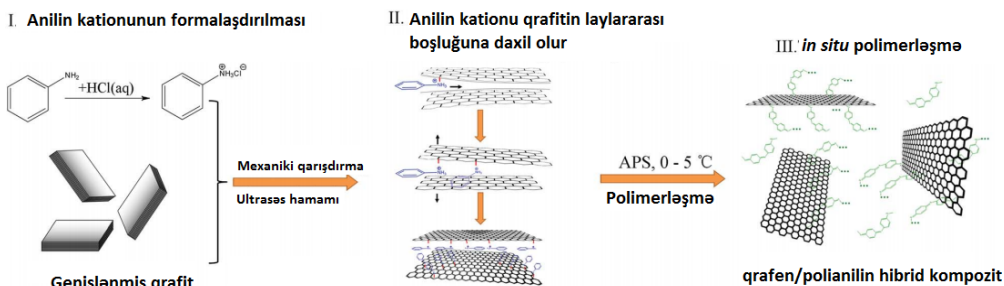
Digər bir tədqiqat işində Kloisit kommersiya adı ilə tanınan və üzvi birləşmələrlə modifikasiya edilmiş fillosilikat və termoplastik poliuretan (TPU) əsasında həm polimerin ərintidə, həm də məhlulda qeyri-üzvi komponentlə qarışdırılması metodu ilə TPU/üzvigil nanokompoziti sintez edilmiş və alınmış nümunələrin xassələri və quruluşu müqayisə edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, polimerin məhlulda qarışdırılması metodu ilə alınmış TPU/üzvigil nanokompoziti daha yüksək qaz baryerinə malikdir və bu nanokompozitdə üzvi gil layları polimer matrisində daha yaxşı dispersləşmişdir [21].

Bonakkoroso və əməkdaşları tərəfindən polikarbonat və qrafen əsaslı kompozitin sintezi polimerin məhlulda qeyri-üzvi komponentlə qarışdırılması metodu ilə həyata keçirilmişdir. Kompozitin sintezi polikarbonatın 1,3-dioksolan məhlulunda həll edilməsi, iki və ya bir neçə laylı qrafenin 1,3-dioksolan məhlulunda dispersləşdirilməsi, polikarbonat məhlulu ilə qrafen məhlulunun ultrasəs hamamında qarışdırılması və nəhayət, məhluldan alınmış kompozitin koaqulyasiya ilə çökdürülməsi mərhələlərindən ibarətdir. Müəlliflər tərəfindən qeyd edilmişdir ki, alınmış polikarbonat/qrafen kompozitinin yaxşılaşmış mexaniki və elektrik xassələri, həmçinin termiki stabilliyi onu gələcəkdə 3D çap əsaslı tətbiqlər üçün perspektiv material edir [22].

Ənənəvi polimer matrisli kompozitlər doldurucu və polimer arasında yüksək fazalararası termiki müqavimətin olduğu üçün, adətən məhdud istilik keçiriciliyinə malik olur. Çjou və əməkdaşları tərəfindən yüksək istilik keçiriciliyinə malik kompozit material interkalyasiya olunmuş monomerin *in situ* polimerləşməsi metodu ilə sintez edilmişdir. ε-kaprolaktamın qrafitin laylararası boşluğuna interkalyasiyası üçün o, birinci mərhələdə əridilmiş və üzərinə rəngsiz və şəffaf məhlulun alınması üçün 6-aminokapron turşusu əlavə edilmişdir. Bu proses ε-kaprolaktamdan kaprolaktam ionunun, 6-aminokapron turşusundan isə H⁺ ionunun əmələ gəlməsinə səbəb olur. Daha sonra alınmış kaprolaktam ionu qrafitin laylararası boşluğuna interkalyasiya edilmiş və onun *in situ* polimerləşməsi yolu ilə poliamid-6/qrafit nanotəbəqələri kompoziti sintez edilmişdir [23].

Digər bir tədqiqat işində Çen və əməkdaşları tərəfindən qrafitin laylararası boşluğuna interkalyasiya olunmuş anilinin ammonium peroksidisulfat (APS) inisiatoru istifadə etməklə *in situ* polimerləşməsi metodu

ilə mikrodalğalı şüaları adsorbsiya etmək qabiliyyətinə malik yeni qrafen/polianilin hibrid kompoziti sintez edilmişdir (Şəkil 4) [24].



Şəkil 4. Qrafen/polianilin hibrid kompozitinin sintez sxemi [24]

Çzyan və əməkdaşları tərəfindən *in situ* polimerləşmə metodu ilə polipirrol/qrafit kompozitinin sintezi aparılmışdır. Kompozitin sintezi aşağıdakı kimi yerinə yetirilmişdir: pirrol və HCl-un sulu məlulu qarışdırılmış, soyudulmuş və üzərinə genişlənmiş qrafit əlavə olunmuşdur. Əldə edilmiş suspenziya buz hamamında ultrasəs təsiri ilə qarışdırılmış və ammonium disulfoperoksid inisiatoru istifadə edilərək pirrolun genişlənmiş qrafitin laylararası boşluğunda *in situ* polimerləşməsi həyata keçirilmişdir. Müəlliflər tərəfindən alınmış kompozitin xassələrinin tədqiqi göstərmişdir ki, polipirrol/qrafit kompoziti mikrodalğa şüalarını adsorbsiya etmək qabiliyyətinə malikdir [25].

Nəticə

Hibrid kompozitlər əsasən zol-gel, polimerin ərintidə və məhlulda qeyri-üzvi komponentlə qarışdırılması və *in situ* polimerləşmə metodları ilə sintez edilir. Ədəbiyyat məlumatlarına əsasən müəyyən edilmişdir ki, yuxarıda qeyd olunan metodlarla üzvi və qeyri-üzvi komponentlər əsasında termiki, mexaniki, elektrik, adsorbsiya və s. xassələri yaxşılaşmış yeni materiallar sintez etmək mümkündür.

ƏDƏBİYYAT

1. Rumin W., Shuirong Z., Yaping Z. Polymer matrix composites and technology. Beijing: Science Press, 2011, p.555
2. Xanthos M. Functional Fillers for Plastics. Hoboken: John Wiley & Sons, 2005, p.432
3. Mascia L. The Role of Additives in Plastics. London: Arnold E., 1974, p.172

4. *Ashby M.F., Bréchet Y.J.M.* Designing hybrid materials // *Acta Mater.*, 2003, v.51, pp.5801-5821
5. *Alemán J., Chadwick A., He J., Hess M., et al.* Definitions of terms relating to the structure and processing of sols, gels, networks, and inorganic-organic hybrid materials // *Pure and Applied Chemistry*, 2007, v.79, pp.1801-1829
6. *Kickelbick G.* Hybrid Materials-Past, Present and Future // *Hybrid Mater.*, 2014, v.1, pp.39-51
7. *Иннокентьевна С.Е.* Гибридные композиты на основе азотсодержащих гетероциклических низко- и высокомолекулярных соединений и диоксида кремния: Дис. ...канд. хим. наук, Иркутск, 2017
8. *Sanchez C., Ribot, F.* Design of hybrid organic-inorganic materials synthesized via sol-gel chemistry // *New J. Chem.*, 1994, v.18, pp.1007-1047
9. *Wojcik A., Klein LC.* Transparent Organic/Inorganic Hybrid Gels: A Classification Scheme // *Appl. Organomet. Chem.*, 1997, v.11, pp.129-135
10. *Delville M-H., Taubert A.* Hybrid Organic-Inorganic Interfaces: Towards Advanced Functional, v.1, Germany: Wiley-VCH, 2017, p.968
11. *Hench L.L., West J.K.* The sol-gel process // *Chem. Rev.*, 1990, v.90, pp.33-72
12. *Warrick E.* Forty Years of Firsts a Recollection of Dow Corning Pioneer; New York: McGraw-Hill, 1990, p.330
13. *Huang H.H., Orler B., Wilkes G.L.* Ceramers: Hybrid materials incorporating polymeric/oligomeric species with inorganic glasses by a sol-gel process // *Polym. Bull.*, 1985, v.14, pp.557-564
14. *Schmidt H.* Chemistry of material preparation by the sol-gel process // *J. Non-Cryst. Solids*, 1988, v.100, pp.51-64
15. *Samiey B., Cheng C.-H., Wu J.* Organic-Inorganic Hybrid Polymers as Adsorbents for Removal of Heavy Metal Ions from Solutions: A Review // *Materials*, 2014, v.7, p.673-726
16. *Budnyak T.M., Pylypchuk I.V., Tertykh V.A., Yanovska E.S., et al.* Synthesis and adsorption properties of chitosan-silica nanocomposite prepared by sol-gel method // *Nanoscale Res. Lett.*, 2015, v.10, pp.1-10
17. *Fawaz J., Mittal V.* Synthesis of Polymer Nanocomposites: Review of Various Techniques, edited by Mittal V. Weinheim: Wiley-VCH, 2014, p.298
18. *Abedi S., Abdouss, M.* A review of clay-supported Ziegler-Natta catalysts for production of polyolefin/ clay nanocomposites through in situ polymerization // *Appl. Catal. Gen.*, 2014, v.475, pp.386-400
19. *Shawky H.A., Chae S.-R., Lin S., Wiesner, M.R.* Synthesis and characterization of a carbon nanotube/polymer nanocomposite membrane for water treatment // *Desalination*, 2011, v.272, pp.46-50
20. *Yilmaz B., Doğan S., Kasimoğullari S.Ç.* Hemocompatibility, cytotoxicity, and genotoxicity of poly(methylmethacrylate)/nanohydroxyapatite nanocomposites synthesized by melt blending method // *Int. J. Polym. Mater. Po.*, 2018, v.67, pp.351-360
21. *Ercan N., Durmus A., Kaşgöz, A.* Comparing of melt blending and solution mixing methods on the physical properties of thermoplastic polyurethane/organoclay

- nanocomposite films // *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 2017, v.30, p.950-970
22. *Lago E., Toth P.S., Pugliese G., Pellegrini V.* Solution blending preparation of polycarbonate/graphene composite: boosting the mechanical and electrical properties // *RSC Adv.*, 2016, v.6, pp.97931-97940
 23. *Meng F., Huang F., Guo Y., Chen J. et al.* In situ intercalation polymerization approach to polyamide-6/graphite nanoflakes for enhanced thermal conductivity // *Compos. Part B Eng.*, 2017, v.117, pp.165-173
 24. *Chen X., Meng F., Zhou Z., Tian X., et al.* One-step synthesis of graphene/polyaniline hybrids by in situ intercalation polymerization and their electromagnetic properties // *Nanoscale*, 2014, v. 6, pp.8140-8148
 25. *Shan L., Chen X., Tian X., Chen J., et al.* Fabrication of polypyrrole/nano-exfoliated graphite composites by in situ intercalation polymerization and their microwave absorption properties // *Compos. Part B Eng.*, 2014, v.73, pp.181-187

UOT 595.42

G.Ə.Əlizadə

*Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti
gulnar.alizade1993@mail.ru*

BÖYÜK QAFQAZ TƏBİİ VİLAYƏTİNDƏ TAPILAN ERİTREİD (ACARIFORMES: ACTINEDIDA: ERYTHRAEIDAE) GƏNƏLƏRİNİN FAUNASININ İCMALI

Açar sözlər: Böyük Qafqaz, eritreid, gənələr, Acariformes, təyinat cədvəlləri

Məqalədə Böyük Qafqaz təbii vilayətində tapılan növlərin təsnifatı haqqında məlumat verilmişdir. Tədqiqatın nəticəsində Böyük Qafqaz təbii vilayətində tapılan növlərin tərkibinin artması qeyd olunub. Nəticədə məlum olmuşdur ki, Böyük Qafqazın Azərbaycan hissəsində aşkar edilmiş növlərin tərkibi 12.5 dəfə artmışdır. Bu artımı şəkil 1-də görmək olar. Məqalədə həmçinin Böyük Qafqazın (Azərbaycan hüdudlarında) eritreid gənələrinin növlərinin siyahısı qeyd olunmuşdur.

Böyük Qafqaz təbii vilayətinin eritreid gənələrinin yarımfəsilələrinin, cinslərinin, növlərinin təyinat cədvəli göstərilmişdir.

Г.А.Ализаде

ОБЗОР ФАУНЫ ЭРИТРОИДНЫХ КЛЕЩЕЙ (ACARIFORMES: ACTINEDIDA: ERYTHRAEIDAE), НАЙДЕННЫХ В ЕСТЕСТВЕННОМ РАЙОНЕ БОЛЬШОГО КАВКАЗА

Ключевые слова: Большой Кавказ, эритроидные клещи, Acariformes, таблицы назначения

В статье дается информация о классификации видов, найденных в естественном районе Большого Кавказа. В результате исследования отмечено увеличение количества разновидностей клещей, найденных в естественном районе Большого Кавказа. В результате стало известно, что количество видов, обнаруженных в Азербайджанской части Большого Кавказа увеличилось в 12.5 раз. Этот рост можно увидеть в рисунке 1. В статье также приведен перечень разновидностей эритроидных клещей Большого Кавказа (в пределах Азербайджана).

Представлена таблица назначения подсемейств, родов, видов эритроидных клещей естественного района Большого Кавказа.

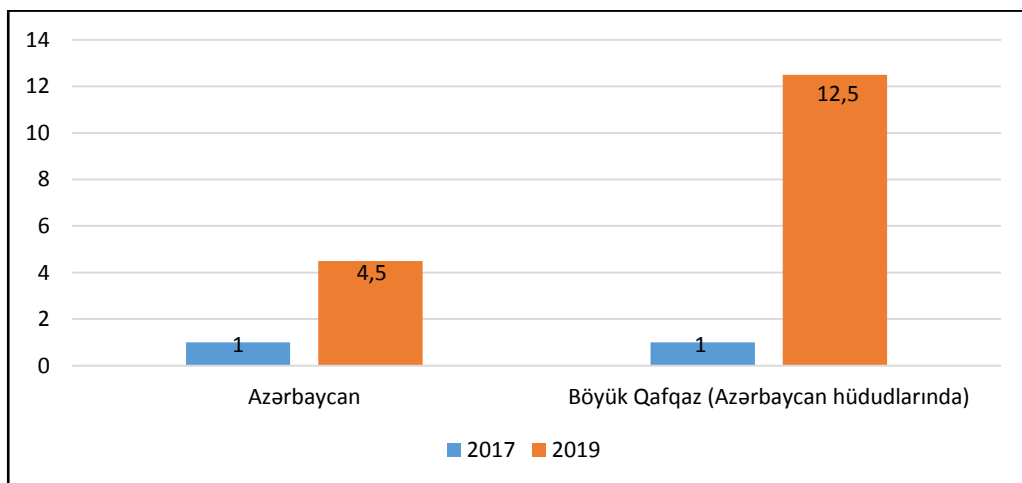
**THE REVIEW OF THE FAUNA OF ERYTHRAEIDAE MITES
(ACARIFORMES: ACTINEDIDA: ERYTHRAEIDAE) FOUND
IN THE GREATER CAUCASUS REGION**

Keywords: *Greater Caucasus, erythraeidae, mites, Acariformes, allocation table*

The article provides information on the classification of species found in the Greater Caucasus natural region. As a result of the research, there was noted an increase in the number of species found in the Greater Caucasus natural region. In the result, it was clear that the number of species found in Azerbaijani part of Greater Caucasus increased by 12.5 times. This increase can also be seen in photo 1. There is also listed the species of erythraeidae mites of the Greater Caucasus (on the territory of Azerbaijan).

The allocation table of the sub-families, genus and species of erythraeidae mites of the Greater Caucasus natural region was shown in the article as well.

Azərbaycanın Böyük Qafqaz hissəsində isə cəmi 2 cinsə aid 2 növ (*Leptus molochinus*, *Eatoniana plumifera*) məlum olmuşdur [1]. Hal-hazırda isə bizim tədqiqatların sayəsində Qafqaz faunasında 6 yarımfəsilənin 9 cinsinə aid 27 növ eritreid gənəsi məlumdur. Yəni demək olar ki, Qafqazın eritreid gənələrinin növlərinin tərkibi 4 dəfə artıb. Böyük Qafqazın Azərbaycan hissəsində isə aşkar edilmiş növlərin sayı 12.5 dəfə artıb və sayı bizim tədqiqatlardan qabaq məlum olan 2 növdən 25 növə çatıb (şək. 1).



Şəkil 1. Eritreid gənələrinin qeydə alınmış növlərinin Azərbaycan və Böyük Qafqazda (Azərbaycan hüdüdlərində) dinamikası

Qeyd: Böyük Qafqaz və Azərbaycanda məlum olunmuş növlərin sayı 1 hesab olunur.

Böyük Qafqazın (Azərbaycan hüduqlarında) eritreid gənələrinin növlərinin siyahısı

Cədvəl 1

№	Növün adı
Yarımfəsilə Erythraeinae Robinean-Desvoidy, 1928	
1	Erythraeus gorcensis Gabrys, 2016 ⁺⁺
2	E. opilionides (C.L.Koch, 1837) ⁺⁺
3	E. phalangoides (De Geer, 1778) ⁺⁺
4	E. adpendiculatus (Schrank, 1781) ⁺⁺
5	E. regalis (C.L.Koch, 1837) ⁺⁺
6	Curteria episcopalis (C.L.Koch, 1837) ⁺⁺
7	Eatoniana plumifera (Birula, 1893)
Yarımfəsilə Leptinae Southcott, 1957	
8	Leptus rubricatus (C.L.Koch, 1837) ⁺⁺
9	L. longipiles (Berlese, 1910) ⁺⁺
10	L. slivovi Beron, 1975 ⁺⁺
11	L. molochinus (C.L.Koch, 1837)
12	L. clethronomydis Haitlinger, 1987 ⁺⁺
Yarımfəsilə Callidosomatinae Southcott, 1961 ⁺	
13	Charletonia globigera (Berlese, 1885) ⁺⁺
14	Ch. Cardinales (Pallas, 1772) ⁺
Yarımfəsilə Abrolophinae Witte, 1995 ⁺	
15	Abrolophus artemisae (Schrank, 1803) ⁺⁺
16	A. miniatus (Hermana, 1804) ⁺⁺
17	A. crassitarsus (Schweizer, 1951) ⁺⁺
18	A. rhopalicus (C.L.Koch, 1837) ⁺⁺
19	A. passerinii (Berlese, 1904) ⁺⁺
20	A. strojnyi Gabrys, 1992 ⁺⁺
21	A. norvegicus (Thor, 1900) ⁺⁺
22	A. quisquiliarus (Hermann, 1804) ⁺⁺
Yarımfəsilə Balaustiinae Granjena, 1947 ⁺⁺	
23	Balaustium xerothermicum Gabrys, 2000 ⁺⁺
24	B. unidentatum (Trägårdh, 1904) ⁺⁺
25	Neobalustium species ⁺⁺

Qeyd: (++) – Qafqaz faunası üçün yeni olan takson; (+) – öyrənilən ərazi üçün yeni olan takson

Böyük Qafqaz təbii vilayətinin eritreid gənələrinin yarımfəsilələrinin, cinslərinin və növlərinin təyinedici cədvəlləri

Erytraeidae fəsiləsinin inkişaf mərhələlərinin və cinslərinin təyinedici cədvəli

- 1 (2) 3 cüt ayaqları var, alın kili yoxdur, aspidosom oval və ya çoxbucaqlı qalxanlardırsürfə
2 (1) 4 cüt ayaqları var, dar və uzun alın kili vardır (bəzən düz “kiləcən” və ya “miləcən” azalır), 2 cüt trixobotriya daşıyır3
3 (4) Genital dəlik “urvula” alan kiçik çat əmələ gətirir (seyrək skleritlərlə əhatə olunub), həmişə anal dəliyindən qısadırdeytonimfa
4 (3) Genital dəlik tam inkişaf edib, 2 cüt qapaqla əhatə olunub, anal dəliyindən bir neçə dəfə uzundur5
5 (6) Güclü skleritləşmiş genital sklerit varyetkin fərd, erkək
6 (5) Genital sklerit yoxduryetkin fərd, dişi

Eritreid gənələrinin sürfədən sonrakı mərhələlərinin yarımfəsilələr, cinslər və növlər üzrə təyinedici cədvəli.

- 1 (2) Gözləri cütdürErythraeinae
2 (11) Konale vardırErythraeus
3 (4) Dorsal opistosomal qılıqlar çox uzundur (yetkin fərd 370 mkm – ə qədər, nimfa 220 mkm - ə qədər olur), qılıcıqvarıdırlar, serratalelər (mişarvari qılıqlar) çox möhkəmdir və yaxşı inkişaf edib E.opilionoides
4 (3) Dorsal opistosomal qılıqlar daha qısadır, heç vaxt 180 mkm-dən (yetkin fərd) və 160 mkm-dən (deytonimfa) artıq olmur5
5 (8) Dorsal opistosomal qılıqların bir hissəsi çox qısadır (40-50 mkm) və qozavaridir, serratale biçimlidir6
6 (7) Bütün dorsal opistosomal qılıqlar eyni formalıdır, çox qısadır (25-50 mkm), qozavaridirlər, alın kili aydın seçilən qalxancıqladır..... E.phalangoides
7 (6) Arxa dorsal qılıqlar orta dorsal qılıqlardan xeyli uzundur (150 mkm-ə qədər); orta dorsal qılıqlar qısadır (40-80 mkm) və qozavaridirlər, qalxancıq yoxdur.....E.gorcensis
8 (5) Çox qısa (40-50 mkm) və qozavari dorsal opistosomal qılıqlar mövcud deyillər9
9 (10) Serratalelər dardır, yaxşı inkişaf etməyiblər, III və IV cüt ayaqlarda zəif inkişaf edib, I və II cüt ayaqlarda heç vaxt olmur; pedipalpın baldırı və dizi 4-7 konale ilə təhciz olunub; pedipalpın dizində semikonalelər

yoxdur; alın kili güclü dərəcədə skleritləşib, topuzvari qalxan qabağa genişlənir, dorsal qılıçlar müxtəlif uzunluqdadır (40-160 mkm), iynəvaridlər
.....E.adpendiculatus

10 (9) Serratalelər bütün ayaqlarda yaxşı inkişaf edib və müəyyən dərəcəyə qədər eyni formalıdır, onların yan dişçikləri uzunsovdur; pedipalpın baldırı yetkin fərddə 4-6 və deytonimfada 2-3 konale daşıyır; pedipalpın dizi yetkin fərddə 1-3 konale ilə təhciz olunub, deytonimfada isə konalelər yoxdur; dorsal opistosomal qılıçlar qılıçqvaridir, demək olar ki, ucuna doğru darlaşmayıblarE.regalis

11 (2) Konalelər yoxdur12

12 (13) Arxa ayaqlar uzadılmış qılıçlardan təşkil olunmuş kəkillə təhciz olunub Eatoniana Cambridge, 1898
Eatoniana plumifera (Birula, 1893)

13 (12) Arxa ayaqlarda uzadılmış qılıçlardan təşkil olunmuş kəkil yoxdur.....Curteria Southcott, 1961 Curteria episcopalis (C.L.Koch, 1837)

14 (1) Gözlər təkdir

15 (32) İdiosomun dorsal səthində spesifik girdəvari strukturlar-urnulalar yoxdur, pedipalpın baldırının caynağı dişlidir16

16 (19) Gözlər alın kilinin ön yarısının səviyyəsindədir; dorsal qılıçlardakı setulalar pulcuqlara və dişçiklərə çevrilib və ya balıq tıxları şəklindədir.....Leptinae, Leptus

17 (18) Dorsal opistosomal qılıçlar çox uzundur (yetkin fərd 150 mkm-ə qədər, deytonimfa isə 110 mkm-ə qədər), nazikdir, qılıçqvaridir, ucuna doğru kəsikdir, uclarında girdəvari dişçiklərdən ibarət olan tacla təhciz olunub
.....L.longipilis (Berlese, 1910)

18 (17) Dorsal opistosomal qılıçlar daha qısadır, eyni tiplidir, lələkvaridir, müxtəlif uzunluqludur (25-65 mkm), setulalar balıq tıxlarına çevrilib; opistosomun arxa hissəsində qılıçlar ucuna doğru kəsikdir, hər sütün 11-12 balıq tıxı ilə təhciz olunub.....L.rubricatus (C.L.Koch, 1837)

19 (16) Gözlər alın kilinin arxa hissəsinin səviyyəsində yerləşir; dorsal opistosomal qılıçlar sadə-hamar yaxud lələkvaridir; pedipalpın pəncəsi kürəvari və ya konusvaridir.....20

20 (23) Pedipalpın pəncəsi qeyi-uyğun şəkildə genişlənmiş, çevrəsində kürəvaridir, pedipalpın baldır caynağının zirvəsini ötüb keçir, gözlər alın kilinin orta hissəsinin səviyyəsindədir.....Callidosomatinae, Charletonia Oudemans, 1910

21 (22) Dorsal opistosomal qılıçlar eyni tiplidirCh.globigera (Berlese, 1885)

22 (21) Dorsal opistosomal qılıcqlar 2 tiplidir, başlıca qılıcqların arasında (bazal) möhkəm, uzun (yetkin fərd 70-120 mkm -ə, deytonimfada isə 70 mkm-ə qədərdir) və iynəvari qılıcqlar yerləşirCh.cardinalis (Pallas,1772)

23 (20) Pedipalın pəncəsi genişlənməyib, konusvaridir, pedipalın baldır caynağının zirvəsinin üzərindən bir qədər ötüb keçir (arxa sensillary sahə); gözlər alın kilinin arxa hissəsinin səviyyəsində yerləşir Abrolophinae Abrolophus Berlese, 1891

24 (29) Anal dəliyi zəif skleritləşib, qılıcsızdır25

25 (26) Dorsal opistosomal qılıcqlar iynəvari, hamar, möhkəmdilər və zəif əyiliblər. Çöl tərəfi az sayda zəif tikancıqlarla təhciz olunublarA.norvegicus (Thor, 1900)

26 (25) Dorsal opistosomal qılıcqlar lələkvaridir27

27 (28) Pedipalın pəncəsi adətən qısadır, onun önü özülündə uzunluğundan iki dəfədən də artıqdır. Alın kili qısadır, arxa çıxıntısı yoxdur. Ön sensillalar aydın şəkildə arxa sensillalardan qısadır.....A.strojnyi Gabrys, 1992

28 (27) Pedipalın pəncəsi qısa deyil, özülündə eni uzunluğundan 1.4 dəfədən də azdır. Alın kili uzundur. Arxa çıxıntı aydın şəkildədir və uzundur. Ön sensillalar arxa sensillalardan uzundur və ya onlara bərabərdir ... A.passerinii (Berlese, 1904)

29 (24) Anal dəliyi möhkəm skleritləşib və qılıcqlarla örtülüb30

30 (33) Dorsal opistosomal qılıcqlar lələkvaridir, qılıcığın ayaqcığında az saylı setulalar var (cəmi 12 setulaya qədər); setulalar nisbətən uzundur, onların sıxlığı qılıcığın ayaqcığı ilə müqaisə edilə bilər27

31 (32) Dorsal opistosomal qılıcqların (arxa qılıcqların əksəriyyəti istisna olmaqla) üçdə iki hissəsi setulalarla örtülüdür, qılıcqların ayaqcıqlarının ucu kəskin şəkildə setulaların üzərindən yüksəlir, pedipalın pəncəsi nazik və uzunsovdur, onun uzunluğu enindən təxminən 3 dəfə çoxdur. Alın kilinin ön sensillary sahəsi enli dairəvidir. Erkəklərdə genital skleritin yan ön pəri skleritin ön hissəsində yerləşir və önə tərəf çox zəif əyilib A.artemisiae (Schrank, 1803)

32 (31) Dorsal opistosomal qılıcqlar (arxa qılıcqların əksəriyyəti istisna olmaqla) demək olar ki, qılıcığın ayaqcığının ucuna qədər setulalarla örtülüb, qılıcığın ayaqcığı sonuncu setulalara bərabərdir yaxud onların üzərində zəif dominantlıq edir. Pedipalın pəncəsi yarımkürəvidir, onun uzunluğu enindən təxminən 2 dəfə çoxdur. Alın kilinin ön sensillary sahəsi çevrəsində rombvaridir, onun tərəfləri zəif qabarıqlıdır, ucu hissəsində dar dairəvidir. Erkəklərdə genital skleritin yan ön pəri onun ortasında yerləşir və qabağa kəskin şəkildə əyilibA.rhopalicus (C.L,Koch, 1837)

33 (30) Dorsal opistosomal qılıqlar iynəvari, bizvari, xəncərvaridir, çoxlu setulalarla təhciz olunub; setulalar xırda, qısadır, qılığın ayaqçığından xeyli nazikdir.....34

34 (35) Dorsal opistosomal qılıqlar (o cümlədən opistosomun arxa hissəsində) nazik, uzunsov, kövrək, iynəvari, aydın olmayan setulalarla təhciz olunublar. Alın kilinin ön sensillyar sahəsi böyük, çevrəsində rombvari, ön tərəfdə zəif yastılaşmış və enli dairəvidir. Pedipalpın pəncəsi həm özülündə, həm də ucunda eyni enə malikdir.....A.crassitarsus (Schweizer, 1951)

35 (34) Dorsal opistosomal qılıqlar (xüsusilə opistosomanın arxa hissəsində) daha enli, qalın, bizvaridir, bütün səthində aydın setulalar yerləşir. Alın kilinin ön sensillyar sahəsi daha geniş, enli dairəvidir. Adətən 3-4 (yetkin fərdə) və 1 (deytonimfada) AL (=AM) qeyri-sensillyar qılıq ilə təhciz olunub. Alın kilinin mili nazik, uzun, bütün uzunluq boyu eyni enlikdədir. Arxa çıxıntı həmişə mövcuddur, aydındır, uzun və bütün uzunluq boyu eyni endədir. Pedipalpın pəncəsi konusvaridir, nazikdir, ucu dar dairəvidir, pedipalpın dizinin uzunluğu həmişə onun enindən $\frac{1}{3}$ dəfə çoxdur. Ventral opistosomal qılıqlar çılpaqdırA.miniatus (Hermann, 1804)

36 (15) Opistosomun dorsal tərəfində (gözlərin arxasında) bir cüt spesifik girdəvari struktur-urnula varBalaustiinae

37 (40) Pedipalpanın dizi distal istiqamətində qalın deyildir, urnulalarda qabağa çıxan halqa yoxdurBalaustium van Heyden, 1826

38 (39) Dorsal opistosomal qılıqlar çox qısadır. Pedipalpanın dizi spesifik daraqvari qılıqlardan-semipektinalələrdən məhrumdur. Ventral opistosomal qılıqlar (arxa opistosomal qılıqlar istisna olaraq) membransızdır, iynəvari, uzunsov, nazik və həmişə çılpaq olur.....B.xerothermicum Gabrys, 2000

39 (38) Dorsal opistosomal qılıqlar daha uzundur (60 mkm-ə qədər). Pedipalpın dizi 5-7 (yetkin fərd) və 3-5 (deytonimfa) spesifik daraqvari qılıqlarla-semipektinalələrlə təhciz olunub. Ventral opistosomal qılıqlar (arxa opistosomal qılıqlar istisna olmaqla) dorsal qılıqlara oxşar dar membrana malikdir. Pedipalplar nazikdir, onların dizlərinin uzunluğu aydın şəkildə enindən çoxdur, o 1.3 dəfə pedipalpın baldırının özülündən enlidir.....B.unidentatum (Tragardh, 1904)

34 (37) Pedipalpın dizi distal istiqamətində çox qalındır, urnulalar çıxıntılı halqa ilə əhatələnibNeobalaustium Willmann, 1951 [2].

Erythraeidae yarımfəsilələrinin təyinedici cədvəli (sürfələr)

1 Hər tərəfdə 2 göz varErythraeinae Southcott, 1961

- 2 Hər tərəfdə 1 göz var2
2 (1) Sürfələrdə alın kili mövcuddur. Dorsal qalxan mövcud olduqda o uzun və dar, seçilməyən olurBalaustiinae Grandjean, 1947 (məhdudlaşdırıb)
Alın kili yoxdur. Dorsal qalxan mövcudur, enli və aydın görsənir3
3 (4) Dorsal qalxan üçbucaqlıdır, önə doğru genişlənirLeptinae Southcott, 1957 (Leptus Latreille, 1796 cinsi)
4 (3) Dorsal qalxan üçbucaqlı deyil5
5 (6) Üç çüt skutale varCallidosomatinae Southcott, 1961
6 (5) 2 çüt skutale varAbrolophinae Witte, 1995 [5].

Erythraeinae yarımfəsiləsinə aid olan cinslərin təyinedici cədvəlləri (sürfələr)

1. Burmaların qılıcıq formulası 4-4-3-dür, pedipalpın budunda 2 qılıcıq mövcudur.....Curteria Southcott, 1961 (syn. Zhangiella Saboori, Çobanoğlu et Bayram, 2007)
- Burmaların qılıcıq formulası 1-1-1-dir, pedipalpın budunda cəmi 1 qılıcıq var.....2
2. Bazifemurların qılıcıq formulası 2-2-1-dir.....Eatoniana Cambridge, 1898 (syn. Abalakeus Southcott, 1994)
- Bazifemurların qılıcıq formulası 2-2-2 və ya 3-3-3-dür.....Erythraeus Latreille, 1806 [4].

Avropada müəyyən edilən eritreus cinsinə aid olan gənələrinin sürfələrinin təyinedici cədvəli (*E.styriacus* Türk növü istisna olaraq)

- 1 (2) AL uzundur, 190 mkm-dən artıqdır; ön sensillanın özülündə xüsusi kutikulyar strukturlar yerləşirErythraeus eleonore Haitlinger, 1987
2 (1) AL aydın olaraq qısadır, 160 mkm-dən azdır, ön sensillanın özülündə spesifik kutikulyar strukturlar yoxdur.
3 (4) İdiosomun dorsal və ventral hissələri makroxetlərlə və mikroxetlərlə təhciz olunub; idiosomun dorsal hissəsində 70 qılıcıqdan çoxdur Erythraeus rilensis Beron, 1982
4 (3) İdiosomun dorsal və ventral hissələri mikroxetlərdən məhrumdurlar; idiosomun dorsal hissəsində 50 qılıcıqdan azdır.
5 (8) Ön sensillalar 40 mkm-dən azdır, PL skutalelər 75 mkm-dən azdır, AL skutalelər 100 mkm-dən azdırlar.
6 (7) Sba 20 mkm-dən artıqdır, SBp-dən gözə çarpan dərəcədə uzundur; dal sensillalar 70 mkm-dən çoxdur. AW PW-dən 2 dəfə qısadır Erythraeus kresnensis Beron, 1982

7 (6) Sba 20 mkm-dən azdır, dal sensillalar 70 mkm-dən azdır. AW PW-dən bu dərəcədə qısa deyilErythraeus adrastus Southcott, 1961

8 (5) Ön sensillalar 40 mkm-dən böyükdür, PL 75 mkm-dən çoxdur, AL 100 mkm-dən çoxdur.

9 (14) 3-cüt ayaqların baldırları 420 mkm-dən çoxdur.

10 (11) Sba və SBp ISD-yə bərabərdir və 80 mkm-dən qısa dırlar. AW 60 mkm-dən azdır, 2 cüt ayaqların pəncələri adətən 170 mkm-dən azdır..... Erythraeus jowitae Haitlinger, 1987

11 (10) SBa SBp-dən qısa dır, ISD 80 mkm-dən çoxdur, AW 60 mkm-dən çoxdur, 2 cüt ayaqların pəncələri adətən 170 mkm-dən artıqdır.

12 (13) 3 cüt ayaqların baldırları 530 mkm-dən çoxdur, 3 cüt ayaqlarının pəncələri 215 mkm-dən artıqdır, PW 135 mkm-dən çoxdur Erythraeus elwirae Haitlinger, 1987

13 (12) 3 cüt ayaqlarının baldırları 530 mkm-dən qısa dır, 3 cüt ayaqlarının pəncələri 215 mkm-dən qısa dır, PW 135 mkm-dən azdır.....Erythraeus monikae Haitlinger, 1987

14 (9) 3 cüt ayaqlarının baldırları 420 mkm-dən azdır.

15 (16) Ventral qılıqların sayı 24-dən çoxdur, dorsal qılıqların sayı isə 40-dan artıqdır; SBa ilə SBp adətən eyni uzunluqdadır və 20 mkm-dir.....Erythraeus bulgaromontanus Beron, 1982

16 (15) Ventral qılıqların sayı 24-dən azdır, dorsal qılıqların sayı isə 40-dan azdır; SBa ilə SBp-nin uzunluğu 20 mkm-dən artıq olduqda, birincisi ikincidən aydın şəkildə qısa olur.

17 (18) Dorsal qalxan trapesiyavaridir, SBa və SBp adətən eyni uzunluqda (20 mkm-dən artıqdır) olurlar; 1 cüt ayaqların baldırlarında 2 solenidiya var Erythraeus gertrudae Haitlinger, 1987

18 (17) Dorsal qalxan ellipsvaridir, SBa SBp-dən aydın şəkildə qısa dır, I cüt ayaqlarının baldırları 3 solenidiya daşıyır Erythraeus kuyperi (Oudemans, 1910) [3].

ƏDƏBİYYAT

1. *Aslanov O.X., Musayeva Z.Y.* Azərbaycan akarofaunasının öyrənilməsinə dair / Azərbaycan Zooloqlar cəmiyyəti I qurultayın materialları (məqalələr toplusu). Bakı: Elm, 2003, s.144-146
2. *Gabrys G.* A key to postlarval Erythraeidae (Acari, Actinotrichida) of Poland // *Annals of the Upper Silesian Museum (Bytom). Natural History, [Rocznik Museum Gornoslaskiego w Bytomiu Przyroda]*, 2016, 22: pp.1-22
3. *Haitlinger R.* Charletonia postojnensis n.sp. and the first record of Hauptmannia podorasensis Haitlinger, 2007 (Acari: Prostigmata: Erythraeidae) from Slovenia // *Zeszyty naukowe Univ. Przyr. we Wroclawiu, Biologia i Hodowla Zweirzat*, 2011, 62 (580): 27-32

4. *Noei J., et.al.* A new genus and species of larval Erythraeinae (Acari: Erythraeidae) ectoparasitic on Collembola from Iran //Systematic and Applied Acarology, 2017, 22 (8): pp.1257-1266
5. *Southcott R.V.* Studies on the systematic and biology of the Erythraeoidea (Acarina) with a critical revision of the genera and subfamilies. Austral. J. Zool., 1961, v.9, № 3, pp.367-610

UOT 665.7.038

E.İ.Həsənova, R.H.Nəzərov

*AMEA akad.Ə.M.Quliyev adına Aşqarlar Kimyası İnstitutu
amea.elnara@mail.ru*

HEKSEN-1-İNDEN BİRGƏ OLİQOMERLƏRİNİN TERMOMEXANİKİ DAVAMLIGININ TƏDQIQI

Açar sözlər: heksen, inden, termiki davamlıq, mexaniki davamlıq, sintetik komponent

Təqdim edilən məqalə sintez edilmiş birgə oliqomerlərin termiki stabilliyinin termiki analiz üsulu ilə həm kütlədə, həm də yağ məhlulunda öyrənilməsinə həsr edilmişdir. Bu üsulların istifadəsi destruksiyanın mexanizmi haqqında mühakimə etməyə imkan verir.

Э.И.Гасанова, Р.Х.Назаров

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СООЛИГОМЕРОВ ГЕКСЕНА-1 С ИНДЕНОМ

Ключевые слова: гексен, инден, термическая устойчивость, механическая устойчивость, синтетический компонент

Данная статья посвящена изучению термической стабильности синтезированных соолигомеров как методом термического анализа (в массе), так и в составе масел (в растворе). Использование указанных методов дает возможность судить о механизме деструкции.

E.I.Hasanova, R.H.Nazarov

RESEARCH OF THERMOMECHANICAL STABILITY OF COOLIGOMERS OF HEXEN-1 WITH INDEN

Keywords: hexen, inden, thermal stability, mechanical stability, synthetic component

Given article is dedicated to the study of thermal stability of synthesized oligomers both with method of thermal analysis (in mass), and in the composition of oils (in solution). The use of the specified methods make it possible to judge the destruction mechanism.

Vinil monomerlərinin, xüsusilə, α -olefinlərin polimer və oliqomerləri sürtkü yağlarının bu və ya digər istismar keyfiyyətlərini yaxşılaşdırmaq üçün geniş miqyasda istifadə edilir. Nisbətən yüksək molekulyar kütləli birləşmələr –

polimer və ya birgə polimerlər özlülük aşqarı kimi istifadə edilir. Aşağı molekül kütləli oliqomerlər – α -olefinlərin oliqomerləri və birgə oliqomerləri neft yağlarının tərkibində sintetik komponent kimi yarım və qismən sintetik yağ alınmasında, sintetik yağ kimi və nəhayət, çoxfunksiyalı aşqar almaq üçün başlanğıc xammal kimi istifadə edilir [3; 4]. Çoxfunksiyalı aşqar almaq üçün başlanğıc xammal olaraq heksen-1-indən birgə oliqomeri sintez edilmişdir [1].

İndən molekulu özündə aromatik və karbotsiklik fraqmentləri birləşdirdiyindən onun heksen-1 zəncirinə daxil edilməsi termiki stabilliyi artırır. Digər tərəfdən, birgə oliqomerləşmə zamanı yeni Calif.-Ckarots. rabitəsi yaranır ki, bu da Calif.- Calif rabitəsinə nisbətən daha möhkəmdir. Deyilənlərdən çıxış edərək belə qənaətə gəlmək olar ki, sintez edilmiş oliqomerlərin termiki təsirlərə qarşı davamlılığının tədqiqi müəyyən əhəmiyyət kəsb edir.

Təqdim edilən məqalədə heksen-1-indən birgə oliqomerlərinin termiki stabilliyinin tədqiqindən bəhs edilir. Sintez edilmiş oliqomerlər aşağı molekül kütləli olduğundan onların yağda destruksiyasından çox özlərinin saf halda termiki təsirlərə davamlılığı daha böyük maraq kəsb edir. Ona görə də sintez edilmiş oliqomerlərin termiki davamlılığı derivatoqrafik üsulla tədqiq edilmişdir.

Birgə oliqomerlərin termiki analizi OD-102T tipli derivatoqrafda (F.Paulik, İ.Paulik, L.Erdei sistemi), 20-5000C temperatur intervalında, 50/dəq sürətlə qızdırılmaqla aparılmışdır. Etalon olaraq alüminium oksiddən istifadə edilmişdir. Nümunələrin stabilliyi 5, 10, və 50% kütlə itkisinə olan temperatura görə qiymətləndirilmişdir. Nəticələr cədvəl 1-də verilir.

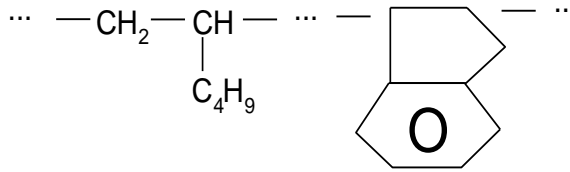
Cədvəl 1

Sintez edilmiş birgə oliqomerlərin termoqravimetrik analizinin nəticələri

Birgə oliqomerin xarakteristikası		Kütlə itkisinə uyğun gələn temperatur, 0C		
Birgə oliqomerdə indenin miqdarı, %	Molekul kütləsi	T5%	T10%	T50%
0	700	190	220	300
5	650	210	240	320
10	600	220	250	330
20	550	220	260	340
30	500	225	270	350
10	700	210	240	320
10	800	205	235	310
10	1000	200	230	300

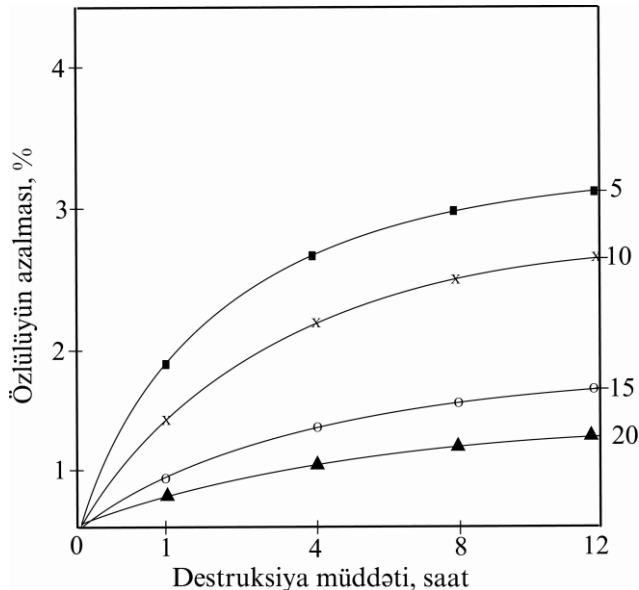
Cədvəl 1-dən göründüyü kimi, birgə oliqomerin tərkibində inden manqalarının miqdarının artması termiki stabilliyin də artmasına səbəb olur, molekül kütləsinin artması isə termiki stabilliyi azaldır.

İnden manqalarının birgə oliqomerin tərkibində artmasının müsbət təsiri indenin aromatik təbiətli olması və birgə oliqomerin tərkibində daha stabil Calif.-Ckarots. rabitənin yaranması ilə izah edilir, yəni birgə oliqomerləşmə kimyəvi modifikasiyaya səbəb olur ki, bu da alınan birləşmənin termomexaniki xassələrində özünü göstərir:

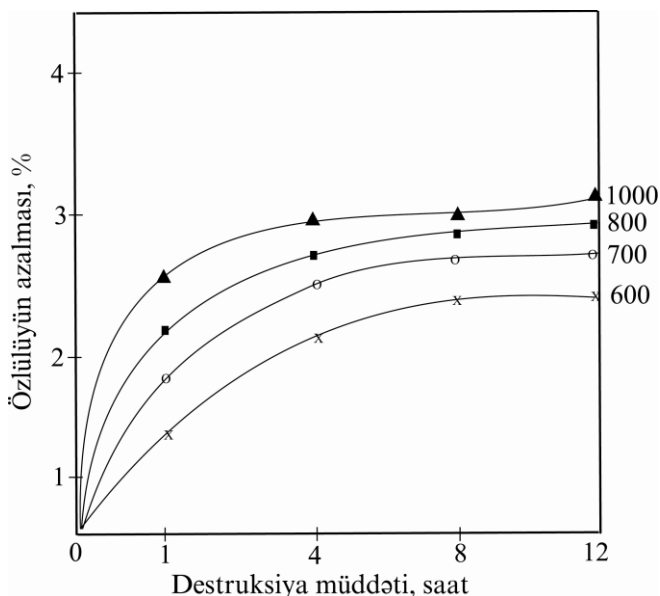


Birgə oliqomerin molekul kütləsinin artması makromolekulun ölçülərini artırır və o destruksiyaya uğramadan, temperaturun təsirindən rəqsi hərəkət edə bilmir. Destruksiya nəticəsində molekul qəlpələrə bölünür, ölçüləri kiçilir və hərəkəti asanlaşır. Ona görə də nisbətən aşağı molekul kütləli oliqomerlər destruktiv təsirlərə qarşı daha stabil olurlar.

Heksen-1-inden birgə oliqomerlərinin termiki destruksiyası yağ məhlulunda da aparılmışdır. Bu, məlum metodika [2] üzrə, nümunələrin turbin "L" yağında 5%-li məhlulunu 2000C-də 12 saat qızdırmaqla aparılır və müəyyən zaman fasilələrindən sonra başlanğıc kinematik özlülüyün qiymətinin azalması müəyyən edilərək onun haqqında fikir yürüdüldü. Tədqiqatların nəticələri şəkil 1 və 2-də ümumiləşdirilmişdir.



Şəkil 1. Heksen-1-inden birgə oliqomerinin termiki stabilliyinin inden manqalarının miqdarından (əyrilərin üzərində, %-lə) asılılığı



Şəkil 2. Heksen-1-indən birgə oliqomerinin termiki stabilliyinin molekul kütləsinin qiymətindən asılılığı

Şəkil 1-dən görüldüyü kimi, birgə oliqomelərin tərkibində inden manqalarının miqdarının 5%-dən 20%-ə qədər artması qatılaşıdırılmış yağın termiki təsirə qarşı stabilliyini artırır, bu zaman yağın başlanğıc özlülüüyü 3%-dən 1,2%-ə qədər azalır ki, bu da inden manqalarının stabilləşdirici təsiri ilə izah edilir.

Birgə oliqomerlərin molekul kütləsinin qiymətinin termiki stabilliyə təsirinin öyrənilməsinin nəticələri şəkil 2-də verilir.

Şəkil 2-dən görüldüyü kimi, molekul kütləsinin qiymətinin 600-dən 1000-ə qədər artması termiki stabilliyin azalmasına səbəb olur, bu zaman qatılaşıdırılmış yağın kinematik özlülüünün qiymətinin azalması 2,3%-dən 3,1%-ə qədər artır. Yağların özlülük-temperatur xassələrini yaxşılaşdırmaq üçün istifadə edilən məlum özlülük aşqarlarının sintez edilmiş oliqomerlərlə müqayisəli destruksiya da aparılmışdır. Məs., sənaye aşqarı olan KP-10 markalı poliizobutilenin termiki destruksiya zamanı özlülüünün azalması 12%, oliqohexsen misalında isə 9,4% təşkil edir.

Sintez edilmiş heksen-1-indən birgə oliqomerlərinin yağda məhlullarının mexaniki destruksiya da öyrənilmişdir. Bunun üçün tədqiq ediləcək oliqomer nümunələrinin İ-12A yağında, müxtəlif tərkib və molekul kütlə qiymətlərində məhlulları UZDN-1 ultrasəs cihazında məlum özlülük aşqarları ilə müqayisəli şəkildə tədqiq edilmişdir. Məlum metodika üzrə UZDN-1 cihazında aparılan tədqiqatlar aşağıdakı nəticələri vermişdir: poliizobutilen və polimetakrilatlarla qatılaşıdırılmış yağların mexaniki destruksiya nəticəsində özlülüklərinin

azalması uyğun olaraq 29-36% təşkil edir. Bu qiymətlər tədqiq edilən oliqomerlər üçün molekul kütləsi və tərkibdən asılı olaraq 3-10% hədlərindədir.

Beləliklə, heksen-1-indən birgə oliqomerlərinin termomexaniki destruksiya davamlılıq nöqtəyi-nəzərindən üstünlükləri danılmazdır.

Neft yağlarının özlülük-temperatur xassələrini özlülük aşqarları ilə yaxşılaşdırmaq iqtisadi nöqtəyi-nəzərdən əverişli olsa da (az miqdarda polimerdən istifadə edilir), stabillik nöqtəyi-nəzərdən bugünkü tələbata cavab vermir. Ona görə də yağların özlülük-temperatur xassələrini yaxşılaşdırmağın digər yolu – sintetik komponentlərdən (α -olefin oliqomer və ya birgə oliqomerlərindən) istifadə daha səmərəli hesab edilir. Deyilənləri nəzərə alaraq heksen-1-indən birgə oliqomerləri neft yağlarına sintetik komponent kimi tədqiq edilmişlər.

Heksen-1-indən birgə oliqomerlərinin M-6 yağının tərkibində sintetik komponent kimi tədqiqatının nəticələri cədvəl 2-də verilir. Sintetik komponent kimi molekul kütləsi 1000, inden manqalarının miqdarı ~10% olan birgə oliqomerdən istifadə edilmişdir.

Cədvəl 2

Heksen-1-indən birgə oliqomerinin M-6 yağının özlülük-temperatur xassələrinə təsiri

Birgə oliqomerin miqdarı, %	Kinematik özlülük, mm^2/s		Özlülük indeksi	Korroziya q/m^2 (QOST-20502-75)
	1000C-də	400C-də		
0	5,8	39,10	80	180
5	6,1	42,30	82	160
10	6,8	44,70	86	100
20	7,5	55,40	93	60
30	8,2	59,10	105	10
40	8,9	63,40	108	4
50	9,2	65,60	110	4

Cədvəl 2-də verilmiş tədqiqat nəticələrindən görünür ki, M-6 yağının tərkibində sintetik komponentin qatılığının artırılması alınan qarışıqın özlülük-temperatur xassələrinin yaxşılaşmasına səbəb olur. 1000C-də kinematik özlülüğü $8 \pm 0,5 \text{mm}^2/\text{s}$ olan baza yağı almaq üçün M-6 yağının tərkibində 20-30% sintetik komponentdən istifadə kifayətdir. Bu zaman M-6 yağının özlülük indeksinin qiyməti 80-dən 93-96-ya qədər artır (norma 93-dən az olmamalıdır). Sintetik komponentin M-6 yağının özlülük indeksini artırması 20-30% qatılıqda daha kəskin olduğu halda, sonrakı qatılıq artımı bu kəmiyyətin qiymətinə nisbətən az təsir edir. Bu, oliqomerin qatılığı artdıqca onun molekulları arasında qarşılıqlı təsir qüvvəsinin artması ilə izah edilir və nəticədə kompaund yağının özlülüğünün temperaturdan asılılığını gücləndirir ki, bu da özlülük indeksinin

qiymətində özünü göstərir (yəni kəskin artmır).

Bir faktı qeyd etmək lazımdır ki, tədqiq edilən oliqomer M-6 yağının tərkibində antikorroziya xassəsi göstərir. Tədqiq edilən birləşmənin tərkibində aromatik fraqmentlər olduğundan o, oksidləşməyə qarşı daha davamlıdır və nəticədə korroziyanın qarşısı alınır. Bu fikir xüsusi tədqiqatla təsdiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, M-6 yağının tərkibində 30% oliqomerdən istifadə etməklə oksidləşmə nəticəsində əmələ gələn çöküntünün miqdarı 3-4%-dən 1,2-1,3%-ə qədər azalır.

Beləliklə, neft yağının tərkibində sintetik komponentdən istifadə etməklə nəinki onun özlülük-temperatur xassəsi yaxşılaşır, o, həm də oksidləşmə və korroziyaya qarşı stabillik qazanır. Bu da seçilən yolun perspektivli olduğunu göstərir.

ƏDƏBİYYAT

1. Əhmədov Ə.İ., Nəzərov R.H., Həmidova C.Ş. və b. Heksen-1-in indənə birgə oliqomerləşdirilməsi // Azərbaycan kimya jurnalı, 2010, №4, s.85-88
2. Ахмедов А.И., Буният-заде И.А. Химия вязкостных присадок. Баку: Элм, 1993, 105 с.
3. Ахмедов А.И., Фарзалиев В.М., Алигулиев Р.М. Полимерные присадки и масла. Баку: Елм, 2000, 175 с.
4. Кулиев А.М. Химия и технология присадок к маслам и топливам. Л.: Химия, 1985, 312 с.

УДК 54

Н.С.Гасанова

*Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности
hesenova.1969@inbox.ru*

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХРОМА (VI) 2-ГИДРОКСИ-5-ГАЛОГЕНТИОФЕНОЛОМ В ПРИСУТСТВИИ АНИЛИНА

Ключевые слова: *хром, 2-гидрокси-5-галогентиофенол, комплексобразование, экстракция, анилин, лиганд*

Спектрофотометрически исследованы разнолигандные комплексы хрома (VI) с 2-гидрокси-5-галогентиофенолом в присутствии анилина. Установлены условия образования и экстракции, состав и аналитические свойства комплексов. Разработаны методики экстракционно-фотометрического определения хрома (VI) в разных объектах.

N.S.Həsənova

XROMUN (VI) 2-HİDROKS-5-HALOĞENTİOFENOL VƏ ANİLİNLƏ SPEKTROFOTOMETRİK TƏYİNİ

Açar sözlər: *xrom, 2-hidroksi-5-halogeniоfenol, kompleks əmələgəlmə, ekstraksiya, anilin, liqand*

Xromun (VI) törəmələri və anilinlə müxtəlifliqandlı kompleksləri spektrofotometrik tədqiq edilmişdir. Komplekslərin əmələgəlmə və ekstraksiya şəraiti, tərkibi müəyyən edilmiş, analitik xassələri tədqiq edilmişdir. Xromun (VI) müxtəlif obyektə ekstraksiyalı-fotometrik təyini metodikası işlənilmişdir.

N.S.Gasanova

SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF CHROMIUM (VI) 2- HYDROXY-5-HALOGENIOPHENOL IN THE PRESENCE OF ANILINE

Keywords: *chromium, 2-hydroxy-5-halophenol, complex formation, extraction, aniline, ligand*

Different ligand complexes of chromium (VI) with 2-hydroxy-5-halogeniоphenol in the presence of aniline were studied spectrophotometrically. Conditions of formation and extraction, composition and analytical properties of complexes are established. Methods of extraction-photometric determination of chromium (VI) in different objects have been developed.

Введение. Разнолигандные комплексы (РЛК) нашли широкое применение в фотометрическом определении элементов [1; 2]. Органические реагенты широко применяют в спектрофотометрических методах анализа [3], их избирательность зависит от природы комплексообразователя, основности лиганда, стехиометрии компонентов в комплексе [4; 5]. Известны многочисленные методики фотометрического определения хрома (VI) с применением различных классов органических реагентов в виде РЛК [6].

Нами исследованы РЛК хрома с производными тиофенолами (L): 2-гидрокси-5-хлортиофенол (ГХТФ), 2-гидрокси-5-бромтиофенол (ГБТФ), 2-гидрокси-5-иодтиофенол (ГИТФ) и анилинами (Ан) и разработаны методики экстракционно-фотометрического его определения.

Экспериментальная часть

Реагенты и растворы. Исходные растворы (1 мг/мл) Cr (VI) готовили из химически чистых солей $K_2Cr_2O_7$ [7]. Концентрацию растворов хрома(VI) устанавливали титриметрическим [7]. В работе использовали 0,01 М растворы L и Ан в хлороформе. Для создания оптимальной кислотности использовали 0,1 М растворы КОН и HCl. В качестве экстрагента применен хлороформ. Все применяемые реагенты и растворители имели квалификацию «о. ч.» или «х. ч.» и использовались без дополнительной очистки.

Аппаратура. Спектрофотометрические исследования окрашенных экстрактов проводили на спектрофотометре СФ-26 и оптическую плотность экстрактов измеряли на фотоэлектроколориметре КФК-2 в кюветах с толщиной слоя 1.0 и 0.5 см соответственно. ИК-спектры снимали на спектрофотометре Specord M-80. Значения pH растворов контролировали при помощи иономера И-120.2. Постоянную ионную силу, равную 0,1, создавали с помощью KCl.

Методика определения хрома. В градуированные пробирки ёмкостью 50 мл вводили до 90 мкг хрома, 2.0-2.5 мл 0.01М раствора L и 2.0-2.5 мл Ан. Необходимое значение pH устанавливали, добавляя 1М раствор HCl. Объём органической фазы доводили до 5 мл хлороформом, а водной фазы – до 20 мл дистиллированной водой. Смесь встряхивали в течение 2 мин. Спустя 10 мин органический слой отделяли и измеряли его оптическую плотность при комнатной температуре на КФК-2 при 440 нм.

О восстановлении Cr (VI) до Cr (III). L в кислой среде обладает восстановительными свойствами [4]. Для выяснения того, не меняется ли валентность хрома при взаимодействии с L, проведены две серии опытов. Проводили реакцию с L и Cr (III), полученного восстановлением $SnCl_2$ и KI, в солянокислом растворе и без применения дополнительных восстановителей. Продукты обеих реакций имели максимумы

светопоглощения при 440 нм. Следовательно, Cr (VI) при образовании комплекса с L восстанавливается до Cr (III) самим реагентом.

Обсуждение результатов

Выбор экстрагента. В качестве органических растворителей испытаны спирты (бутиловый, амиловый, бензиловый), ароматические углеводороды (бензол, толуол, ксилол), эфиры (изоамилацетат, этилбензоат), кетоны (метилбутилкетон, циклогексанон), галоидопроизводные углеводороды (хлорбензол, хлороформ, 1,2-дихлорэтан). При однократной экстракции хлороформом извлекается 97.5-99.5 % хрома в виде РЛК. Дальнейшие исследования проводили с хлороформом. Содержание хрома в органической фазе определяли фотометрически дифенилкарбазидом [3; 6] после реэкстракции, а в водной фазе – по разности.

Влияние pH водной фазы. Электронные спектры поглощения хлороформных экстрактов РЛК, снятые при различных значениях pH, показывают, что хром (VI) с L и Ан образует одно соединение. Хром (VI) L и Ан в интервале pH 1.2-7.9 образует РЛК. Оптимальными условиями образования и экстракции комплексов Cr (VI) с ГХТФ и Ан являются pH 3.5-4.8, с ГБТФ и Ан – pH 3.3- 4.6, с ГИТФ и Ан – pH 3.1-4.5.

В начале с увеличением кислотности исходного раствора экстракция Cr (III) возрастает, а при дальнейшем увеличении – постепенно уменьшается, что очевидно связано с уменьшением концентрации ионизированной формы H_2L и вероятнее всего в растворе он находится в недиссоциированном виде. При повышении pH > 7 образование РЛК практически не наблюдается, что, видимо, связано с понижением степени протонизации анилина.

Зависимость оптической плотности от pH представлена на рис. 1 и приведена в таблице 1.

Таблица 1. Оптимальные условия образования и аналитические характеристики РЛК хрома (III) с L и Ан

Соединение	pH		λ_{\max} , нм	$\epsilon \cdot 10^{-4}$	lgK _p	lgK _{эк}	R, %	D	Интервал подчинения закону Бера, мкг/мл
	Образ. и экстрак.	Опти.							
[Cr(ГХТФ) ₃](АнН) ₃	1.6-7.9	3.5- 4.8	435	3.5	2.27	12.4	98.4	24 6	0.2-18
[Cr(ГБТФ) ₃](АнН) ₃	1.8-6.1	3.3- 4.6	436	3.7	2.74	12.6	98. 5	26 3	0.2-19
[Cr(ГИТФ) ₃](АнН) ₃	1.2-5.7	3.1- 4.5	437	3.9	2.68	12.8	98. 7	21 1	0.2-20

Как следует из рис.1, при сохранении структуры и природы функциональной аналитической группы (ФАГ) pH_{50} реакции может быть сдвинута в более кислую область при увеличении кислотной диссоциации комплексообразующих групп ФАГ реагента, образующего аналитическую форму [8]. Это достигается введением в n – положения L электрофильных заместителей (-Cl, -Br, -J). Это явление можно объяснить увеличением отрицательного индуктивного эффекта заместителя.

Спектры поглощения. Максимальный аналитический сигнал при комплексообразовании Cr (III) наблюдается при 435–437 нм (рис. 2). Молярные коэффициенты поглощения составляют $(3.4-3.9) \times 10^4$.

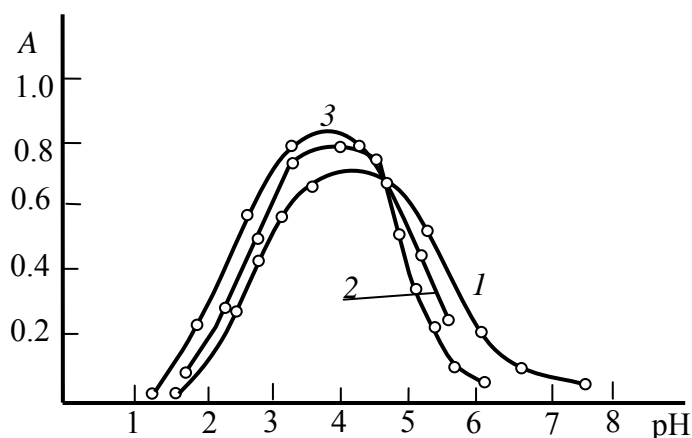


Рис. 1. Зависимость оптической плотности РЛК хрома (III) от pH водной фазы:

1- Cr(III) -ГХТФ-Ан; 2- Cr(III) -ГБТФ-Ан 3- Cr(III) -ГИТФ-Ан

$C_{Cr(III)} = 3.84 \times 10^{-5}$ М; $C_R = (1.3-1.5) \times 10^{-3}$ М; $C_{An} = (1.2-1.5) \times 10^{-3}$ М; КФК - 2; $l = 0.5$ см

Влияние концентрации реагентов и времени выдерживания.

Оптимальным условием образования и экстракции этих соединений является $(1.3-1.5) \times 10^{-3}$ М концентрация L и $(1.2 - 1.5) \times 10^{-3}$ М-Ан. Экстракты РЛК Cr^{3+} подчиняются основному закону светопоглощения при концентрациях последнего 0.2-20 мкг/мл. РЛК устойчивы в водных и органических растворителях и не разлагаются в течение трёх суток, а после экстракции больше месяца. Максимальная оптическая плотность комплексов хрома (III) достигается в течение 10 мин.

Состав и строение комплексов. Стехиометрические коэффициенты реакции взаимодействия хрома (III) с L и Ан устанавливали методами относительного выхода, прямой линии Асмуса и сдвига равновесия [9]. Кривые $1/V^n = f(1/m_A)$, построенные для различных значений n , показывают, что соотношение Cr(III):L:Am = 1:3:3. Аналогичные результаты получены

методами относительного выхода и сдвига равновесия. Методом Назаренко было установлено, что комплексообразующей формой хрома (III) является Cr^{3+} [10].

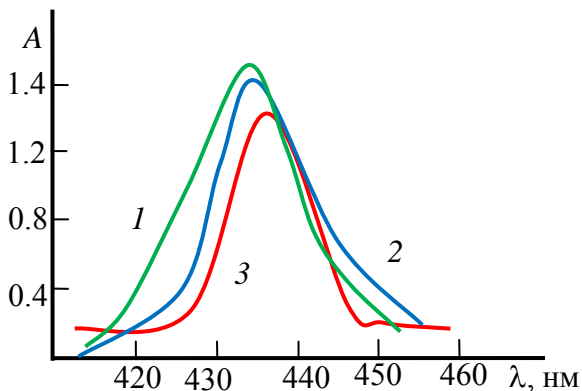


Рис. 2. Спектры поглощения хлороформных экстрактов комплексов хрома (III) с L и An.

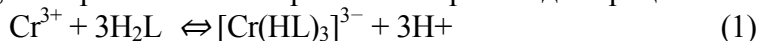
1– Cr- ГХТФ - An, 2– Cr(III) - ГБТФ - An, 3 – Cr(III) - ГИТФ - An

$C_{\text{Cr(III)}} = 3.84 \times 10^{-5} \text{ M}$, $C_{\text{R}} = (1.3-1.5) \times 10^{-3} \text{ M}$; $C_{\text{An}} = (1.2-1.5) \times 10^{-3} \text{ M}$; $\text{pH}_{\text{отт}}$, СФ-26, $\ell = 1.0 \text{ см}$.

Исчезновение ярко выраженной полосы при 2580 см^{-1} (SH) и в области $3200-3600 \text{ см}^{-1}$ с максимумом при 3450 см^{-1} (OH), наблюдаемое в спектре L, говорит о том, что -SH и -OH группы участвуют в образовании комплекса. Полосы поглощения при 1380 см^{-1} указывает на наличие протонированного анилина [11].

Механизм образования РЛК можно представить следующим образом: Ионы Cr^{3+} при взаимодействии с молекулами H_2L образуют анионные комплексы, которые экстрагируются с протонированным An. Состав экстрагируемых комплексов можно представить формулой $[\text{Cr}(\text{HL})_3](\text{AnH})_3$.

Положим, что при комплексообразовании происходят процессы:



После решения уравнений (1) и (2) величины константы равновесия ($\lg K_p$) и константы экстракции ($\lg K_{\text{эк}}$) рассчитанные по формулам

$$\lg K_p = \lg D - 3\lg[\text{AnH}^+] \text{ и } \lg K_{\text{эк}} = \lg D - 3\lg[\text{R}^{2-}] - 3\lg[\text{AnH}^+]$$

соответственно представлены в табл. 1.

Произведенные расчеты показали, что РЛК в органической фазе не полимеризуются и находятся в мономерной форме ($\gamma = 1.01-1.05$). Степень полимеризации комплексов вычисляли по уравнению, приведённому в [12].

В табл. 1. приведены основные спектрофотометрические характеристики

методики определения хрома. В табл. 2 приведены аналитические характеристики комплексов хрома с L и An.

Таблица 2. Аналитические характеристики РЛК хрома с L и An.

Параметр*	Cr-ГХТФ-An	Cr-ГБТФ-An	Cr -ГИТФ-An
УГГ	$0.0295 + 0.267x$	$0.0373 + 0.238x$	$0.0459 + 0.264x$
КК	0.9983	0.9986	0.9987
ЛДГГ, мкг/мл	0.2-20	0.2-19	0.2-18
ПО, нг/ см ³	9.21	9.75	9.90
ПКО, нг/ см ³	30.3	36.5	43.4
Ч, нг/ см ²	2.41	2.53	2.69

*Примечание: УГГ- Уравнение градуировочных графиков; КК-Коэффициент корреляции; ДГГ-Линейный диапазон градуировочных графиков; ПО-Предел обнаружения; ПКО-Предел количественного определения; Ч-Чувствительность

Влияние посторонних ионов. Изучено влияние ряда катионов и анионов на точность определения хрома. Опыты проводили согласно прописи, по которой построены градуировочные графики, с той лишь разницей, что в раствор кроме хрома вводили определенное количество соответствующих ионов. Избирательность спектрофотометрического определения хрома в виде изученных комплексов показана в табл. 3.

Таблица 3. Влияние посторонних ионов на определение хрома с L и An (взято 40 мкг Cr (VI)) $n = 5, P = 0,95$.

Ион	Мольный избыток иона	Маскирующий реагент	Найдено Cr, мкг; (S _r)		
			Cr-ГХТФ-An	Cr-ГБТФ-An	Cr -ГИТФ-An
1	2	3	4	5	6
Co(II)	70	NaNO ₂	40.4 (0.06)	39.7(0.02)	40.1 (0.03)
Ni(II)	25	малонат	39.9 (0.03)	40.4(0.03)	39.9 (0.04)
Fe(II)	140	PO ₄ ³⁻	40.0 (0.05)	40.3(0.03)	39.8 (0.05)
Fe(III)	10	Аскорбиновая кислота	40.4 (0.04)	40.3(0.03)	40.2 (0.04)
Cd(II)	60	NaI	40.2 (0.05)	39.8(0.02)	39.6 (0.05)
Al(III)	10	NaF	39.9 (0.03)	40.7(0.05)	39.6 (0.03)
Bi(III)	1:1	Тиомочевина	39.5 (0.06)	40.3(0.03)	40.1 (0.04)
Nb(V)	40	Винная кислота	40.2 (0.02)	39.5(0.03)	39.5 (0.02)
Zr(IV)	40		39.6 (0.03)	39.6(0.05)	39.5 (0.02)
Cu(II)	55	Тиомочевина	40.5 (0.03)	40.4(0.03)	39.2 (0.04)

1	2	3	4	5	6
Hg(II)	35		40.0 (0.0)	40.3(0.01)	39.6 (0.02)
Ti(IV)	20	Винная кислота	39.6 (0.01)	39.7(0.02)	39.9 (0.04)
V(V)	70	ЭДТА	39.8 (0.06)	39.8(0.06)	40.4 (0.02)
W(VI)	40		39.7 (0.03)	40.6(0.03)	39.5 (0.01)
Mo(VI)	140		40.0 (0.0)	40.0(0.0)	40.0 (0.03)
Ta(V)	45	Винная кислота	39.5 (0.03)	40.3(0.01)	40.2 (0.01)
UO ₂ ²⁺	50	Винная кислота	39.7 (0.05)	50.5(0.06)	39.4 (0.04)
Th(IV)	50	Тиомочевина	39.6 (0.05)	50.0(0.0)	39.1 (0.03)
Mn(II)	50		39.7 (0.01)	50.0(0.0)	39.1 (0.02)

Установлено, что большие количества щелочных, щелочноземельных элементов, РЗЭ, F⁻, Cl⁻, Br⁻, SO₃²⁻, SO₄²⁻ и C₂O₄²⁻ не мешают определению хрома. Избирательность определения существенно увеличивается в присутствии маскирующих веществ.

Определение хрома в фасоли. Навеску фасоли (≈ 10 г) измельчали и высушивали в фарфоровой чашке сначала при 60–70°C, а далее при температуре 105°C. Сухой остаток озоляли в муфельной печи при 500°C. Золу растворяли в разбавленной (1:1) HNO₃ и выпаривали до влажных солей, которые растворяли в воде, отфильтровывали в мерную колбу на 100 мл. Содержание хрома определяли с ГБТФ и Ан, а также с дифенилкарбазидом [3,6].

Определение хрома в пшеничных отрубях. В фарфоровых чашках при температуре 105°C высушивали 5 г навески пшеничных отрубей до воздушно-сухого состояния. Затем чашку устанавливали на асбестовой пластинке, содержимое сжигали на открытом огне. Обугленный остаток вместе с чашкой переносили в муфельную печь и прокаливали при температуре 800°C. Минерализованный остаток растворяли в 0.1M HNO₃ и отфильтровывали через фильтр средней плотности в колбу на 100 мл. Содержание хрома определяли с ГБТФ и Ан, а также с дифенилкарбазидом [3,6].

Результаты определения хрома представлены в табл.4.

Таблица 4. Результаты определения хрома (мг/кг) $n=6$, $P=0,95$.

Ион	\bar{X} , мг/кг	Сходимость, %	S	S _r	$\bar{X} \pm \frac{t_p S}{\sqrt{n}}$
Хром	Фасоль				
	6,08	98	0.274	0.045	6.1 ± 0.13
	5,75	99	0.161	0.028	5.75 ± 0.17
	5,82	101	0.151	0.026	5.82 ± 0.16

Отруби пшеничные					
5,65	98	0.198	0.035	5.65 ± 0.21	
5,25	99	0.147	0.028	5.25 ± 0.15	
5,22	102	0.135	0.026	5.22± 0.14	

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пилипенко А.Т., Тананайко М.М.* Разнолигандные и разнометальные комплексы и их применение в аналитической химии. М.: Химия, 1983, 221 с.
2. *Лукачина В.В.* Межлигандные связи в разнолигандных комплексах // Журн. координационной химии, 1982, Т.8, № 4, с.419-429
3. *Марченко З., Бальцежак М.* Методы спектрофотометрии в УФ и видимой областях в неорганическом анализе. М.: Бином, Лаборатория знаний, 2007, 711 с.
4. *Zalov A.Z., Abaskuliyeva U.B., Hasanova N.C.* Liquid-liquid extraction and spectrophotometric determination of chromium (VI) with o-hydroxythiophenols in the presence of hydrophobic amines/ IJRDO-Journal of Applied, 2017, v.3, № 5, pp.66-70
5. *Divarova V., Racheva P., Lekova V., Gavazov K., Dimitrov A.* Spectrophotometric determination of cobalt(II) in a liquid-liquid extraction system containing 4-(2-thiazolylazo) resorcinol and 2,3,5-triphenyl-2h-tetrazolium chloride / Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 2013, v.48, № 6, pp.623-630
6. Умланд Ф., Янсен А., Тириг Д., Вюнш Г. Комплексные соединения в аналитической химии. М.: Мир, 1975, с.286
7. *Коростелев П. П.* Приготовление растворов для химико-аналитических работ. М.: Изд-во АН СССР 1964, 401 с.
8. *Басаргин Н.Н.* Коореляции и прогнозирование аналитических свойств органических реагентов и хелатных сорбентов. М.: Наука, 1986, 200 с.
9. *Булатов М.И., Калинин И.П.* Практическое руководство по фотоколориметрическим и спектрофотометрическим методам анализа. Л.: Химия, 1976, 386 с.
10. *Назаренко В.А.* Установление химизма взаимодействия ионов многовалентных элементов с органическими реагентами / Тр. комис. по аналит. химии. АН СССР. М.: Наука, 1969, Т.17. с.22-29
11. *Беллами Л.* Инфракрасные спектры сложных молекул. М.: Л., 1963, 590 с.
12. *Ахмедли М.К., Клыгин А.Е., Иванова Л.И., Баширов Э.А.* О химизме взаимодействия ионов галлия с некоторыми сульфоталинами // Журнал неорганической химии, 1974, Т.19, № 8, с.2007-2011

UOT 612

L.S.Hüseynova, K.A.Əliyeva, G.Ə.Vəliyeva, R.R.Haqverdiyeva

Azərbaycan Tibb Universiteti

Bakı Dövlət Universiteti

royahuseynova2006@gmail.com

QALAKTOZEMİYALI XƏSTƏLƏRDƏ VƏ YENİDOĞULMUŞLARDA QLÜKOZA-6-FOSFATDEHİDROGENAZA (Q6FD) FERMENT ÇATIŞMAZLIĞI

Açar sözlər: qalaktozemiya, skrining, polimeraza zəncir reaksiyası, mutasiya, gen, mübadilə xəstəliyi, ekzon

Azərbaycan Respublikasının Bakı şəhərinin doğum evlərində ilk dəfə olaraq qalaktozemiya irsi mübadilə xəstəliyinin genetik skriningi aparılmışdır. Molekulyar genetik metodlardan istifadə etməklə GALT geninin iki mutasiyası identifikasiya edilib. Aşkar olmuş mutasiyaların heteroziqot, homoziqot və kompaund genetik vəziyyətləri müəyyən olunmuşdur. Yenidəğulmuşlarda GALT geninin mutasiyalarının təsadüf olunma tezliyi – 0,0072, 38 xəstə uşaqlarda – 0,0526 (vahid daxilində) olmuşdur.

L.С.Гусейнова, К.А.Алиева, Г.А.Велиева, Р.Р.Азвердиева

ДЕФИЦИТ ФЕРМЕНТА ГЛЮКОЗО-6-ФОСФАТГИДРОГЕНАЗЫ (Q6FD) У ПАЦИЕНТОВ С ГАЛАКТОЗЕМИЕЙ У НОВОРОЖДЕННЫХ

Ключевые слова: галактоземия, скрининг, полимеразная цепная реакция, мутация, ген, нарушение обмена веществ, экзон

Впервые в родильных домах г.Баку Азербайджанской Республики проведен генетический скрининг наследственного заболевания обмена веществ галактоземии. С использованием молекулярно-генетических методов идентифицировано две мутации гена GALT. Установлено гетерозиготное, гомозиготное и компаундное состояние выявленных мутаций. Частота гена GALT среди новорожденных составила – 0,0072 и среди больных детей – 0,0526 в долях единицы.

L.S.Huseynova, K.A.Alieva., G.A.Valieva, R.R.Hagverdieva

GLUCOSE-6-PHOSPHATEHYDROGENASE (Q6FD) ENZYME DEFICIENCY IN PATIENTS WITH GALACTOSEMIA IN NEWBORNS

Keywords: galactosemia, screening, polymerase chain reaction, mutation, gene, metabolic disease, exon

For the first time, genetic screening of hereditary metabolic disease – galactosemia was conducted in maternity hospitals in Baku, Azerbaijan Republic. Using molecular

genetic techniques two mutations of GALT gene were identified. It was confirmed heterozygous, and homozygous compound states for mutations identified. GALT gene frequency in the newborns was - 0.0072 and in affected children - 0.0526, in decimal quantity.

İrsi mübadilə pozğunluğu çoxsaylı metabolizm xəstəliklərini təmsil edir və genlərdə baş vermiş mutasiyalar nəticəsində baş vermiş xəstəliklərə deyilir. İnsanın irsi xəstəliklərinin arasında mübadilə xəstəlikləri əsas yer tutur. Genin strukturunu kodlaşdıran gendə baş vermiş mutasiyanın təbiətindən asılı olaraq sintez olunacaq fermentin aktivliyi tam və ya natamam şəkildə pozulur. Fermentin aktivliyinin pozulma dərəcəsiindən asılı olaraq substratın digər maddələrə çevrilməsi pozulur. Əksər hallarda patogen təbiətli toksiki aralıq məhsullarının toxuma və həyati vacib orqanlarda toplanması və ya orqanizmin normal inkişafını təmin edən vacib birləşmələrin sintezini pozur.

İrsi maddələr pozğunluqlarına sinonim termin olaraq “metabolizmin anadangəlmə səhvləri” və ya fermentopatiyalar da deyilir. Hazırda bu qrupa 2500-ə yaxın mübadilə xəstəlikləri daxildir. İrsi maddələr pozğunluqları termini XX əsrin əvvəllərində britaniyalı həkim ser Arçibald Qarod tərəfindən (1857-1936) verilmişdir.

Ənənəvi olaraq irsi maddələr mübadiləsi pozğunluqları əsasən şəkərlərin, aminturşuların, üzvi turşuların və ya lizosom toplama xəstəliklərinə bölünüb. Qalaktozemiya xəstəliyi də mübadilə xəstəliklərinə aiddir. Son onillikdə tədqiqatların nəticəsi olaraq yüzlərlə yeni irsi mübadilə pozğunluqları aşkar edilmiş və bu qrup xəstəliklər daha da şaxələnməmişdir.

Qalaktozemiya xəstəliyi yenidoğulmuşlar arasında təsadüf olunmasına görə fenilketonuriyadan sonra ikinci yerdədir. Xəstəlik zamanı qalaktoza-1-fosfat-uridiltransferazanın defisiti müşahidə olunur. Qalaktozemiya homoziqot xəstələrin eritrositlərində qalaktoza-1-fosfat-uridiltransferazanın aktivliyi təyin edilmir. Heteroziqotlarda fermentin aktivliyi normal aktivliyin 50%-ni təşkil edir.

Azərbaycan Respublikasında ilk dəfə olaraq Bakı şəhərinin doğum evlərində və Elmi Tədqiqat Pediatriya İnstitutuna müraciət etmiş xəstələr arasında immunoferment analizi ilə Qalaktozemiya irsi mübadilə xəstəliyinin genetik skriningi aparılmış, üç yenidoğulmuşda və iki xəstə uşaqda GALT geninin çatışmazlığı müəyyən olunmuşdur.

Giriş

Maddələr mübadiləsi bütün canlı orqanizmlərin yaşaması üçün, o cümlədən orqanizmə xaricdən qəbul olunan bioloji aktiv maddələrin kimyəvi parçalanmaları üçün vacibdir. Maddələr mübadiləsinin pozulması ilə əlaqədar olan xəstəliklərin diaqnostikası və müalicəsi çox çətin və məsuliyyətli. Bu, həkim terapevt və həkim genetik tərəfindən birgə aparılır.

İrsi xəstəliklərin skriningi – diaqnostikası xarici sağlam yenidoğulmuş uşaqlarda aparılır. Analizin nəticəsi yenidoğulmuşun 18-ci gününə kimi hazır olmalı və dərhal xəstəliyin müalicəsinə başlanmalıdır. Əks halda mübadilə pozğunluğu nəticəsində orqanizmin zəhərlənməsi başlayır. Xaricən sağlam yenidoğulmuş uşaqlarda təxminən 2-3-cü gün səhhətində pisləşmə – kəskin dəyişiklik müşahidə olunur.

İrsi maddələr mübadiləsinin pozğunluqlarını göstərən bir qrup əlamətlər mövcuddur: yenidoğulma zamanı və ya inkişafının sonrakı mərhələsində psixomotor inkişafın ləngiməsi, qıcolma sindromu, miopatiya, komatoz vəziyyətin təkrar olunması, dalaq və qaraciyərin böyüməsi, ataksiya, atetozlar, yeməkdən imtina və çəkinin progressiv itirilməsi, qusma, bədəndən və sidikdən gələn spesifik qoxu, qidanın mədə-bağırsaq sistemindən sorulmaması sindromu (malabsorbsiya), skeletin anomaliyası, saçın və dərinin rənginin dəyişməsi, katarakta, qəfləti ölüm sindromu, uzunmüddətli sarılıq və s. müşahidə olunur. Maddələr mübadiləsi pozğunluğuna aid olan xəstəliklər sırasına Qalaktozemiya xəstəliyi də daxildir. Maddələrin metabolizmi və enerji – bütün canlı orqanizmlərin yaşaması üçün vacib olan, orqanizmə xaricdən qəbul olunan bioloji aktiv maddələrin kimyəvi parçalanmaları labüddür. Bu xəstəliklərin diaqnostikası və müalicəsi çox çətin və məsuliyyətlidir, həkim terapevt və həkim genetik tərəfindən birgə aparılır.

İrsi maddələr mübadiləsi xəstəliklərinə “anadangəlmə mübadilə pozğunluqları” da deyilir və əsasında bir gendə baş vermiş mutasiyalar durur. İrsi maddələr mübadiləsi xəstəliklərinin irsiyyət tipi autosom resessivdir. Nadir hallarda autosom dominant növlərinə də təsadüf etmək mümkündür. İrsi mübadilə xəstəliklərinə Qalaktozemiya xəstəliyi də aiddir.

Qalaktozemiya geninin (GAL) genetikası heterogen olduğundan müxtəlif formaları fərqli fermentlərin çatışmazlığı ilə əlaqələndirilir. Ümumiyyətlə, qalaktozemiya geninin 100-ə yaxın mutasiyası aşkar edilib, identifikasiyası aparılmışdır. Xəstəlik 1, 9 və 17 saylı autosom xromosomlarda yerləşən üç müxtəlif genin fəaliyyətinin pozulmasından asılıdır. 9 saylı autosom xromosomun qısa çiyininin p13 hissəsində yerləşən qalaktozo-1-fosfauridiltransferaza fermentinin GAL1 genində baş vermiş mutasiya; 17 saylı autosomun uzun çiyininin q23-q25 hissəsində yerləşən qalaktokinaza fermentinin GALK genində baş vermiş mutasiya və 1 saylı xromosomun qısa çiyininin p35-p36 hissəsində yerləşən UDF-qlyukoza-4-epimeraza fermentinin GALE genində baş vermiş mutasiya (1; 4).

Qalaktozemiya irsi mübadilə xəstəliyində süd şəkəri laktozanın tərkib hissəsi olan D-qalaktoza fosforlaşmaya məruz qalır və qalaktozo-1-fosfata çevrilir. Mübadilə prosesində açar rolunu oynayan qalaktozo-1-fosfat-uridiltransferaza fermentinin defisiti qalaktozanın qlükozaya kimi parçalanmasını təmin etmir və nəticədə şəkərin artıqlığı beyni zəhərləyir və xəstədə qalaktozemik oliqofreniyaya səbəb olur, gözlərdə katarakta, qara ciyərin hepatomeqaliyası və sirrozu, fiziki və zehni inkişafın geriliyi ilə nəticələnir (3).

Qalaktoza şəkərinin orqanizm tərəfindən mənimsənilməməsi nəticəsində qanda miqdarının artmasına və xəstəliyə səbəb olur. Xəstəlik yenidə doğulmuşun ilk günlərindən sarılıq, nevroloji simptomatika (qıcolmalar, nistaqm, əzələlərin hipotonyası), qusma, sonradan isə fiziki, psixi inkişafın geriliyi katarakta müşahidə olunur (2).

Xəstəlik yenidə doğulmuşda vaxtında aşkar olunarsa və qəbul olunan qıdada qalaktoza şəkəri istisna edilərsə, uşağın normal fiziki və əqli inkişafını təmin etmək mümkündür (6,7).

1908-ci ildə Reuss ilk dəfə olaraq qalaktozemiyanın irsi mübadilə pozğunluğu olduğunu qeyd etmişdir. Qalaktozanın əsas və köməkçi mübadilə yolları bir çox alımlar tərəfindən öyrənilmişdir. Klassik qalaktozemiya autosom-resessiv irsiyyət tipinə malikdir (7).

Yenidə doğulmuşlar arasında təsadüf olunmasına görə fenilketonuriyadan sonra ikinci yerdədir. Xəstəlik zamanı qalaktoza-1-fosfat-uridiltransferazanın defisiti müşahidə olunur. Qalaktozemiya homoziqot xəstələrin eritrositlərində qalaktoza-1-fosfat-uridiltransferazanın aktivliyi təyin edilmir. Heteroziqotlarda fermentin aktivliyi normal aktivliyin 50%-ni təşkil edir (5).

Qalaktozanın qlükozaya çevrilməsinin əsas yolu – Lelya yolu adlanır. Mübadilə yolunun birinci mərhələsində qara ciyər, beyin hüceyrələrində və eritrositlərdə qalaktoza fosforlaşaraq qalaktoza-1-fosfata çevrilir. Mübadilənin sonrakı mərhələsi üçün qalaktoza-1-fosfat-uridiltransferaza fermentinin iştirakı vacibdir. Fermentin defisiti zamanı qalaktoza-1-fosfatın UDF-qalaktozaya çevrilməsi mümkün deyil. Qalaktozemiya irsi mübadilə xəstəliyinin hər üç genetik formasının irsiyyət tipi autosom-resessivdir. Qalaktozemiya geninin doqquz mutasiyası aşkar edilib identifikasiyası aparılmışdır: Q188R, S135L, K285N, T138M, L195D, Y209C, İVS-2-2 (A-G), N314D və L218L. Bu mutasiyalar əsasən – 80% ağ dərilili insanlarda təsadüf olunur. Təxminən 20%-i digər etnik qruplarda müşahidə olunur. Bütün mutasiyaların penetranlıq dərəcəsi 100%-dir.

Qalaktoza-1-fosfatın hüceyrələrdə bətdaxili inkişaf dövründə toplanması xəstəliyə səbəb olur. Qalaktozemiyanın klassik formasında xəstəliyin simptomlarının: anoreksiya, qusma, südü qəbul etməməsi, çəki artımının dayanmasına daha erkən təsadüf olunur (8,9).

Material və metodika

Tədqiq olunan material Azərbaycan Respublikası Səhiyyə Nazirliyinin Elmi-Tədqiqat Pediatriya İnstitutuna müraciət etmiş xəstələr və Bakı şəhərinin doğum evlərində doğulmuş uşaqlardan götürülmüşdür. Analizlərin aparılması məqsədilə venoz qandan istifadə edilmişdir. Qan nümunəsi yenidə doğulmuşların həyatının 24-72 saati ərzində dabanından götürülür. Yenidə doğulmuşun dabanı təmiz ilıq dəsmal ilə (40-41⁰C) silinir. Dabanın qan götürülən nahiyəsi 70%-li spirtlə silinir. Ehtiyatla iynənin köməkliyi ilə daban deşilərək qan Vatman 903 kağızına

hopdurulur. Kağıza hopdurulmuş qan damlasına toxunmaq olmaz. Qan ləkəsi otaq temperaturunda təxminən 3 saat ərzində qurudulur. Hər bir nümunə ayrıca zərfin içərisində saxlanılır. Saxlanma müddəti rütubət keçirməyən zərfin içərisində bir həftədir. Qanın keyfiyyəti dörd ay müddətində soyuducunun içərisində 4-8⁰C-də saxlanıldıqda itmir. Nümunəni uzun müddət saxlamaq üçün isə soyuducunun buzlaq hissəsindən istifadə olunur. Kontrol və standartların sabitliyinin saxlanması məqsədilə xüsusi alüminium folqadan hazırlanmış zərfin içərisində qutuda saxlanılır. Analiz immunoferment analizi üsulu ilə aparılır. Diametri 5mm olan pasientin qan nümunəsi, kontrol və standart nümunələr ştativin yuvacıqlarına qoyulur. Hər bir nümunədən iki disk istifadə olunur. Ştativ 40 dəqiqə müddətinə 90-95⁰ C su hamamının içərisinə qoyulur. Hər bir yuvacığın üzərinə qan diskini tamamilə örtmək şərti ilə həcmi 150 mkl bufer əlavə olunur. Ştativ xüsusi qapaqla örtülüb mikserin üzərinə qoyulur. Düzgün halda məhlul şəffaf qalmalıdır. Yuvacıqlardan həcmi 100 mkl məhlul götürülərək digər mikroştativə əlavə olunur. 2,3 və 4 saylı reaktivlər eyni miqdarda qarışdırılır. Hazırlanmış məhlul 5 dəqiqə müddətində stabildir. Nümunə olan hər yuvacığa 2,3 və 4 saylı reaktivlərdən hazırlanmış məhluldan 150 mkl əlavə olunur. 60 dəqiqə müddətində üzəri qapaqla örtülüb şeykerin üzərinə qoyulur. Absorbsiya 490 nm aparılır. Qan zərdabında şəkər, bilirubin, qaraciyər fermentləri; alanilaminotransferaza (ALAT), quanilaminotransferaza (ASAT) və alfafetoprotein (AFP) ABŞ-ın Bekman firmasının istehsalı olan Becman Coulter UniCel DxС 600 aparatında aparılmışdır. Qlükoza-6-fosfatdehidrogenaza (Q6FD) fermentinin aktivliyi ABŞ-ın Siqma firmasında hazırlanmış reaktivlərin köməkliyi ilə aparılmışdır.

Nəticə və müzakirə

276 yenidoğulmuşun və 38 xəstənin biokimyəvi analizi və genetik skrininqi aparılmışdır. 3 yenidoğulmuşda və xəstədə Q6FD ferment çatışmazlığı müşahidə olunmuşdur. Yenidoğulmuşlardan ikisi oğlan, biri qız olmuşdur. Üç yenidoğulmuşdan ikisində fermentin qismən çatışmaması, yəni normanın 40-45%-li aktivliyi müəyyən olunub fermentin bu aktivlik dərəcəsi hər iki yenidoğulmuşda GALT fermentinin heterezioqot daşıyıcılıq tipinin olmasından asılıdır. Yenidoğulmuşun birində fermentin tam defisiti aşkar olunmuşdur. Fermentin aktivliyinin tam çatışmaması yenidoğulmuşda GALT geninin homozioqot formasını göstərir. Yenidoğulmuşların hər üçünün səhhətində narahatçılıq, bağırsağında köp müşahidə olunmuşdur. Hər 3 yenidoğulmuşun qan zərdabında şəkərin miqdarı normadan aşağı olub 4,1-5,9 mmol/l olmalı olduğu halda, 1,2-1,9 mmol/l-ə bərabər olmuşdur. Qlükoza-6-fosfatdehidrogenaza (Q6FD) fermentinin aktivliyi isə aşağı olub aktivlik normasının 10-30%-ni təşkil etmişdir. Qan zərdabında bilirubin və qaraciyər fermentlərinin miqdarı normada yüksək olmuşdur. Belə ki, alanilaminotransferaza-ALAT (61-78 IU/l, N- 10-70 IU/l), quanilaminotransferaza-ASAT (64-81 IU/l, N- 15-41 IU/l) olmuşdur.

Elmi Tədqiqat Pediatriya İnstitutunda müalicə olunan xəstələrin hər ikisində bu fermentin tam çatışmazlığı müəyyən olunmuşdur. Bu xəstələrin hər ikisi oğlandır. Onlardan biri 1 yaş 6 aylıq, digəri 1 yaş 9 aylıqdır. Ferment aktivliyinin tam çatışmaması hər iki xəstədə homoziqot formanın olması ilə əlaqədardır. Hər iki uşaqda həzm sistemində köp, qaraciyərdə serroz müşahidə edilmişdir. Alfetoproteinin (AFP) miqdarı hər iki xəstədə normadan yüksək olmuşdur (13,9-16,8 IU/l). Xəstənin qan zərdabında şəkərin miqdarı normadan aşağı (1,1-1,4mmol/l) olmuşdur. Q6FD fermentinin aktivliyi normal aktivliyin 10-20%-ni təşkil etmişdir. Qan zərdabında bilirubin və fraksiyalarının miqdarı 66-76mkmol/l, qaraciyər fermentləri isə normadan yüksək olmuşdur. Belə ki, alanilaminotransferazanın (ALAT) miqdarı normada 10-40 IU/l olmalı olduğu halda, 69-88 IU/l, quanilaminotransferazanın (ASAT) miqdarı isə normada 15-41 IU/l olmalı olduğu halda 74-87 IU/l-ə bərabər olmuşdur.

Nəticə

1. Azərbaycan Respublikasında ilk dəfə olaraq Bakı şəhərinin doğum evlərində və Elmi Tədqiqat Pediatriya İnstitutuna müraciət etmiş xəstələr arasında immunoferment analizi ilə Qalaktozemiya irsi mübadilə xəstəliyinin genetik skriningi aparılmış, üç yenidoğulmuşda və iki xəstə uşaqda GALT geninin çatışmazlığı müəyyən olunmuşdur.

2. Qan zərdabında şəkərin miqdarının, Q6FD fermentinin aktivliyinin aşağı, qaraciyər fermentlərinin normadan yüksək olması yenidoğulmuşların hər üçündə və xəstə uşaqların isə hər ikisində GALT fermentinin müxtəlif dərəcəli çatışmazlığının olmasını göstərir.

3. GALT geninin defisiti homoziqot, heteroziqot və kompaunt vəziyyətlərdə müəyyən olunmuşdur.

ƏDƏBİYYAT

1. *Berry GT.* Galactosemia: when is it a newborn screening emergency? *Mol. Genet. Metab.* 2012 May; 106 (1):7-11
2. *Burton H, Sanderson S, Shortland G, Lee P.* Needs assessment and review of services for people with inherited metabolic disease in the United Kingdom. *J Inherit Metab.*, 2006, Dis 29:667-76
3. *Bosch, A. M.* Classical galactosaemia revisited. *J. Inherit. Metab.*, 2006, Dis. 29: 516-525
4. *Carney, A. E., Sanders, R. D., Garza, K. R., McGaha, L. A., Bean, L. J. H., Coffee, B. W., Thomas, J. W., Cutler, D. J., Kurtkaya, N. L., Fridovich-Keil, J. L.* Origins, distribution and expression of the Duarte-2 (D2) allele of galactose-1-phosphate uridylyltransferase. *Hum. Molec.*, 2009, Genet. 18: 1624-1632
5. *Feillet, F., Merten, M., Battaglia-Hsu, S.-F., Rabier, D., Kobayashi, K., Straczek, J., Brivet, M., Favre, E., Gueant, J.-L.* Evidence of cataplerosis in a patient with

- neonatal classical galactosemia presenting as citrin deficiency. *J. Hepatol*, 2008, 48: 517-522
6. *Karadag N, Zenciroglu A, Eminoglu FT, Dilli D, Karagol BS, Kundak A, Dursun A, Hakan N, Okumus N.* Literature review and outcome of classic galactosemia diagnosed in the neonatal period. *Clin Lab.*, 2013, 59 (9-10):1139-46
 7. *Segal S., Wehrli S., Yager C., Reynolds R.* Pathways of galactose metabolism by galactosemic: evidence for galactose conversion to hepatic UDPglucose. *Molec. Genet. Metab.*, 2006, 87: 92-101
 8. *Suzuki M., West, C., Beutler E.* Large-scale molecular screening for galactosemia alleles in a pan-ethnic population. *Hum. Genet.*, 2001, 109: 210-215
 9. *Webb A.L., Singh, R.H., Kennedy, M.J., Elsas, L.J.* Verbal dyspraxia and galactosemia. *Pediat. Res.*, 2003, 53: 396-402

UOT 54

H.İ.İbrahimov, Ə.Z.Zalov, K.Ə.Quliyev
Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universitet
zalov1966@mail.ru

БИОЛОЖІ АНАЛІЗ МЕТОДЛАРИ

Açar sözlər: indikator orqanizm, fizioloji funksiya, membran, hüceyrə, orqan, orqanizm

Analitik siqnal kimi indikator orqanizmlərin normadan spesifik kənarçıxmalarının istifadəsinə əsaslanan bioloji analiz metodları kifayət qədər yüksək həssaslıqla bir çox qeyri-üzvi və üzvi fizioloji fəal birləşmələri təyin etməyə imkan verir ki, bu da ətraf mühit obyektlərinin və dərman maddələrinin analizində xüsusilə vacibdir.

Г.И.Ибрагимов, А.З.Залов, К.А.Кулиев

МЕТОДЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Ключевые слова: индикаторный организм, физиологическая функция, мембрана, клетка, орган, организм

Методы биологические анализа, основанные на использовании в качестве аналитического сигнала специфических отклонений индикаторных организмов от нормы, позволяют с высокой чувствительностью определить широкий круг как неорганических, так и органических физиологически активных соединений, что особенно важно при анализе объектов окружающей среды и лекарственных средств.

H.İ.Ibragimov, A.Z.Zalov, K.A.Kuliyev

THE METHODS OF BIOLOGICAL ANALYSIES

Keywords: indicator organism, physiological function, membrane, cell, organ, organism

The methods of biological analysies based on the use of specific deviations of indicator organisms from the norm as an analytical signal make it possible to determine with a high sensitivity a wide range of both inorganic and organic physiologically active compounds, which is especially important when analyzing environmental objects and drugs.

Müasir elmin xarakterik bir xüsusiyyəti elmin müxtəlif əlaqəli sahələrinin qovşağında yeni metodların yaradılmasıdır. Məsələn, mikrobiologiya, zoologiya, botanika və analitik kimyanın nailiyyətlərinə əsaslanan bioloji analiz metodlarının inkişafını göstərmək olar [1].

Bioloji metodlar həyat üçün – canlıların böyüməsi, çoxalması və işləməsi üçün məxsusi şəkildə müəyyən edilmiş müəyyən bir kimyəvi tərkibli mühitin olmasının vacibliyinə əsaslanır. Bu tərkib dəyişdikdə, məsələn, hər hansı bir komponent qidalı mühitdən xaric edildikdə və ya əlavə edildikdə, orqanizm bir müddət sonra, bəzən isə dərhal müvafiq cavab siqnalını verir.

Kimyəvi birləşmələrin fizioloji fəallığı və ekoloji əhəmiyyəti çox vaxt onların təbii obyektlərdə mövcud olma formasından asılıdır. Məsələn, azot təbii mühitdə NH_3 , CN^- , NO_3^- , NO_2^- , kükürd - S^{2-} , SO_3^{2-} , SO_4^{2-} , eləcə də elementar kükürd və tiollar şəklində, cıvə – üzvi törəmələr ($\text{Hg}(\text{CH}_3)_2$), Hg_2^{2+} və Hg^{2+} ionları, qeyri-üzvi komplekslər şəklində ola bilər. Bütün bu formalar canlı orqanizmlərə təsir xarakteri və dərəcəsi ilə fərqlənir. Müxtəlif oksidləşmə dərəcəsinə olan eyni metallar fərqli fizioloji fəallığa malik olur. Ona görə də hər bir birləşməni deyil, fizioloji fəal formaları birlikdə qiymətləndirmək üçün metodlar tələb olunur. Buna görə zərərli birləşmələrin analizi üçün yalnız fiziki və kimyəvi metodların istifadəsinə əsaslanan nəzarət sistemi onların təsirini düzgün qiymətləndirmək üçün kifayət etmir. Fiziki və kimyəvi metodlar bu və ya digər çirkləndiricinin bioloji təsiri barədə yalnız dolay fikir yürütməyə imkan verir. Lakin bioloji analiz üsulları da öz növbəsində fiziki və kimyəvi analiz metodları ilə birlikdə istifadə olunmalıdır [2].

Bioloji analiz metodları olduqca sadədir, ekspressdir (bəzi hallarda) və nisbətən ucuzdur. Məsələn, cökə yarpaqlarını araşdıraraq torpağın şoranlığını çox asanlıqla qiymətləndirmək olar, belə ki, torpağın əlverişsiz vəziyyətdə olması hələ yay aylarında cökə yarpaqlarının kənarlarının saralmasına səbəb olur. Fotobakteriyaların parlaqlığının intensivliyi bir çox hallarda *lyusiferaza* fermentinin təsiri ilə xüsusi bir substratın – *lyufiserinin* fermentativ çevrilməsi ilə qiymətləndirilir. Bu effekt herbisid və antibakterial təsirə malik bəzi birləşmələrin qatılığına mütənasib olaraq azalır. Paralel olaraq qanın elektrokimyəvi parametrləri (elektrik keçiriciliyi, oksidləşmə-reduksiya potensialı və s.) ölçülür, mikroorqanizm suspenziyalarının optik sıxlığı qiymətləndirilir, mikroskop vasitəsilə hərəkətli orqanizmlərin davranışı müşahidə edilir, qaz mübadiləsinin intensivliyi xarakterizə olunur və s.

Bioloji analiz, yəni ətraf mühitin keyfiyyətinin inteqral qiymətləndirilməsi bioindikasiya və biotestləndirmə üsulları ilə həyata keçirilir [3].

Bioindikasiya – obyektlərdə artıq baş tutmuş və ya davam edən çirklənmənin funksiyaya görə müəyyənləşdirilməsi, təbii mühit orqanizmlərinin, eləcə də həmin orqanizmlərin ekoloji xüsusiyyətlərinin aşkar edilməsidir.

Biotestləndirmə – bu mühitə xüsusi olaraq yerləşdirilmiş orqanizmlərin yaşaması, vəziyyəti və davranışları ilə qiymətləndirilən bir tədqiqat üsuludur.

Biotestləndirmə üsulunda toksik maddələrin canlı orqanizmə təsiri tədqiqatçının müşahidəsi altında olur, canlı orqanizmlərin özləri – monitorlar və ya biotestlər elə seçilir ki, ətraf mühitin zərərli xüsusiyyətlərinin qeydə alınmasının

yüksək spesifikliyini və həssaslığını təmin etsin.

İndikator orqanizmin seçilməsi də (test orqanizmi, test sistemi, test obyekt) təyin olunan maddənin təbiətindən asılıdır. Canlı orqanizmlər, onların orqanları, toxumaları, fizioloji funksiyaları və biokimyəvi reaksiyaları bioloji indikatorlar ola bilərlər. Məsələn, ağaclar, kollar, iynəyarpaqlar (onların kimyəvi tərkibi, uzunluğu, rəngi) bioloji göstərici orqanizmlər kimi çıxış edə bilər. Bunlar yalnız bitki mənşəli indikator orqanizmlərdir.

İndikatorlar kimi fəaliyyət göstərən orqanizmlərə müəyyən tələblər verilir:

- onların tədqiq olunan mühitdə kifayət miqdarda olması, indikator orqanizmlərin toplanması və müşahidə edilməsi üçün şəraitin mövcudluğu;

- bioloji effektin dəqiq qeydə alınması; müəyyən təsir amillərinə və ya ətraf mühitin ümumi vəziyyətinə qarşı yüksək həssaslıq;

- bioloji cavabın təkrarlanması və etibarlılığı;

- zərərli təsiri kəmiyyətcə qeyd etməyə imkan verən köməkçi avadanlıqların ölçmə əməliyyatlarının və saxlanması sadəliyi.

Biotestdə istifadə olunan indikator mikroorqanizmlərə olan xüsusi tələblər, genetik cəhətdən təmiz orqanizmlərdən müəyyən bitki növləri əldə etmək imkanlarını əhatə edir. Bu, fərdlər arasındakı fərdi fərqlərə görə səhvləri istisna etməyə imkan verir.

Bioloji fəal maddələrin canlı orqanizmə təsiri maddələrin qatılığından asılı olaraq dörd mərhələyə bölünür: laqeydlik, stimullaşdırma, depressiya və məhvolma. Aydın ki, yalnız ilk üç mərhələ bioindikasiya üçün aktualdır. Məhvolma yüksək çirklənmiş ərazilərdə kəskin toksiklik göstəricisidir.

Çox vaxt indikator orqanizmlər kimi mikroorqanizmlər: bakteriyalar (*Bacillus*, *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Stafilokoklar*), aktinomisetlər, kif göbələyi, maya göbələyi, yosunlar və s. istifadə olunur. Mikroorqanizmlər təbiətdə, torpaqda, gölməçə sularında, lildə, havada geniş yayılmışdır; bioloji fəal maddələrin təsirinə qarşı yüksək həssaslığa malikdir; becərmək və saxlamaq asandır; uzun müddət öz xüsusiyyətlərini liofil edilmiş preparatlar şəklində saxlayırlar.

Mikroorqanizmlərdən istifadə edilməklə maddələrin təyini üsulları sabit şəraitdə (temperatur, pH, hava mübadiləsi, rütubət) qatı və ya maye qida mühitində təmiz indikator orqanizmlərinin yetişdirilməsini, həmçinin hüceyrənin fizioloji vəziyyətindən asılı olaraq onların böyüməsi mərhələlərinin nəzərə alınmasını əhatə edir.

Hər hansı bir analitik problemi həll etmək üçün indikator orqanizmi seçərkən onun qidalanma ehtiyacları nəzərə alınmalıdır. Məsələn, avtotrof mikroorqanizmlər üzvi birləşmələrə ehtiyac duymadan, əsasən mineral duzlarla, lakin heterotrof bakteriyalar, maya və kif göbələkləri üzvi maddələrlə qidalanır. Qeyri-üzvi analizdə geniş istifadə olunan mikroorqanizmlərə *Aspergillus* cinsinin kif göbələklərini misal göstərmək olar.

Orqanizmin cavab signalının (indikator adlandırılan) xarakteri və ya

intensivliyi ilə oraya daxil edilmiş və ya oradan xaric edilmiş bir komponentin miqdarı arasında əlaqənin yaranması onun aşkarlanmasına və ya müəyyən edilməsinə xidmət edir. Bioloji metodlarda analitik indikatorlar rolunu müxtəlif canlı orqanizmlər, onların orqan və toxumaları, fizioloji funksiyaları, biokimyəvi reaksiyaları və s. oynayır.

Bioloji metodlar indikator orqanizmin cavab signalının qeyd alınması üçün, öz eksperimental texnikası, cihazları və üsulları ilə xarakterizə olunur. Bütün maddələrin canlı orqanizmlərlə münasibətlərini şərti olaraq 3 yerə bölmək olar: 1) həyati vacib, 2) toksik, 3) fizioloji cəhətdən təsirsiz.

Aydındır ki, yalnız birinci iki halda orqanizmdən daha sürətli cavab signalı (analitik signal) alınır. Fizioloji cəhətdən təsirsiz maddələr yalnız müəyyən müddətdən sonra və ya orqanizmin həyati proseslərinin inhibitorları və ya stimulyatorları ilə qarşılıqlı reaksiya nəticəsində fəal vəziyyətə keçə bilər.

Bu və ya digər indikator orqanizmin seçilməsi, təyin olunan maddənin xarakterindən asılıdır. Indikator orqanizmin bərk, maye və ya havanın kimyəvi tərkibindəki hər hansı bir dəyişikliyə reaksiyası müxtəlif ola bilər: davranışın xarakterində dəyişiklik (davranış reaksiyaları); böyümənin stimullaşdırılması və ya zəiflədilməsi, biokütlənin toplanması; piqmentasiya, qan tərkibi, orqan və toxumaların bioelektrik fəaliyyətində dəyişiklik; həzm sisteminin, tənəffüsün funksiyalarının pozulması, orqanizmdə patoloji və anatomik dəyişikliklər və s.

Hər hansı birləşmənin indikator orqanizmə təsirinin ümumiləşdirilmiş göstəricisi yaşaya bilmək, ya da məhvolmadır. Indikator orqanizmindəki bu dəyişikliklər analitik signal olub fiziki-kimyəvi metodla ölçülür və ya vizual olaraq qiymətləndirilir. Kimyəvi birləşmənin bir indikator orqanizmə təsir mexanizmi çox mürəkkəb və qeyri-müəyyəndir. Indikator orqanizmin təşkili səviyyəsindən asılı olaraq onun təsiri aşağıdakı sxematik şəkildə göstərilə bilər:

membran → hüceyrə → orqan → orqanizm → ekoloji sistem

Analizin son mərhələsində cavab signalının qeyd olunması üçün metodun seçimi həm analizin məqsədindən, həm də indikator orqanizmin qarşılıqlı təsir mexanizmi və dərəcəsiindən asılıdır.

Orqanizmin quruluş səviyyəsi nə qədər mürəkkəb olarsa, onun analitik göstəricilər kimi istifadə oluna bilən həyati funksiyalarının sayı və bioloji analiz metodlarının məlumatlılığı da bir o qədər yüksək olur. Indikator orqanizmin eyni bir maddəyə cavab signalı onun qatılığından asılıdır: qatılığı az olan maddələr adətən orqanizmin həyati proseslərini stimullaşdırır, çox olanlar isə mane olur. Bioloji fəal maddələrin qatılığının artması orqanizmin məhv olmasına səbəb olur.

Müəyyən olunan qatılıq intervalı və birləşmələrin minimum təyin olunma həddi kimyəvi birləşmənin orqanizmə təsirinin istiqaməti və müddəti, temperatur, mühitin pH-ı, indikator orqanizmin təşkili səviyyəsi, onun yaşı, cinsi və fərdi xüsusiyyətləri kimi fiziki-kimyəvi və bioloji amillərdən asılıdır.

İndikator orqanizmi rolunda mikroorqanizmlər, onurğasızlar və onurğalılar

ola bilər. Qeyd etmək lazımdır ki, son illərdə bitki indikatorlara maraq artan istiqamətdə diqqəti cəlb edir. Belə ki, məsələn, bitki köklərinin böyümə sürətindən, kütləsindəki artımdan və şaxələnməsindən asılı olaraq torpaqdakı ağır metalların (qurğuşun, kadmium) tərkibi və miqdarı müəyyən edilə bilər.

Adətən bioloji analiz metodları ya bütün canlı sistemin, ya da onun ayrı-ayrı komponentlərinin bioloji fəaliyyəti haqqında tez bir zamanda məlumat əldə etməyə imkan verir.

Ətraf mühitin kimyəvi tərkibindən asılı olaraq canlı orqanizmlərin və ya onların funksional sistemlərinin vəziyyətinin qiymətləndirilməsi bioloji analiz metodlarının əsas prinsipini təşkil edir. Əgər maddələr yaşayış sistemində funksional və ya morfoloji dəyişikliklərə səbəb olarsa (anatomiya, embrional inkişaf, histoloji amillər və s. səviyyəsində), onların həmin mühitdə təyini müvafiq bioloji reaksiyalardan istifadə edilərək aparıla bilər.

Bir çox hallarda dəyişiklik dərəcəsi maddənin qatılığı ilə əlaqədardır. Bütün canlılar özlərinin həyat fəaliyyəti üçün (böyümə, ontogenez və çoxalma) müəyyən kimyəvi tərkibli mühitə ehtiyac duyur. Bu mühit dəyişdikdə, məsələn, qida mühitindən müəyyən bir komponent çıxarıldıqda və ya başqa bir maddə əlavə edildikdə, müəyyən müddətdən sonra cavab reaksiyası əmələ gəlir. Bədənin cavab reaksiyası mühitin kimyəvi tərkibinin keyfiyyət və kəmiyyətə qiymətləndirilməsi üçün bir vasitə kimi analitik siqnala çevrilir. Orqanizmin cavab siqnalının intensivliyi və ya xarakteri ilə mühitə daxil edilmiş (və ya oradan xaric edilmiş) komponentin miqdarı arasında əlaqə yaranır ki, bu da fizioloji fəal birləşmələrin və ya ionların təyin edilməsi metodunun əsasını təşkil edir.

Son illərdə bioloji analiz üsulları daha çox ətraf mühitin vəziyyətini izləmək üçün geniş istifadə olunur [4]. Hazırda bu, ekoloji monitorinqin ayrılmaz tərkib hissəsidir. Həqiqətən kimyəvi və fiziki metodlar çirkləndiricilərin bütün spektrini əhatə edə bilmir. Axtarılan çirkləndirici komponenti ayırmaq və tərkibini öyrənmək kifayət qədər çətindir. Bu zaman ətraf mühitin keyfiyyətinin inteqral qiymətləndirilməsi metodlarına ehtiyac duyulur ki, bunu da bioloji analiz metodları təmin edir.

İndikator orqanizmlər kimi onurğasızların istifadəsinə də geniş yer verilir. Onurğasızların kimyəvi tərkibindəki hər hansı bir adi dəyişikliyə reaksiya qıcıqlanmadır. Bu isə orqanizmin digər biokimyəvi və fizioloji funksiyalarında dəyişikliyə səbəb olur.

Analitik məqsədlər üçün istifadə baxımından ən çox öyrənilənlər *Paramecium caudatum* infuzorlarıdır. Onların köməyi ilə ağır metal ionlarının təyini mümkündür, lakin onlar anionların aşkarlanması və təyin edilməsi üçün əlverişsizdir.

İnfüzorların hərəkət sürəti mikro miqdarda etanol, saxaroza, furfurool, aldehidlər, sirkə turşusu, kalsium və ammonium xloridlərin mühitə daxil olması ilə artır; barium xloridin əlavə edilməsi hüceyrələrin hərəkətini ləngidir. Müəyyən

qatılıqda element üzvi birləşmələr canlıların çoxalmasının stimulyatoru kimi çıxış edə bilər. Davranış reaksiyaları, infuzorların çoxalma sürəti yuxarıdakı maddələri təyin etmək üçün istifadə olunur.

Su onurğasızları – xərçəngkimilər suyun sanitar-gigiyenik vəziyyətini qiymətləndirmək üçün geniş istifadə olunur. Bu halda aşağıda göstərilən bəzi fizioloji göstəricilər analitik siqnal olaraq istifadə olunur: yaşamaq qabiliyyəti, davranış reaksiyaları, ayaqçıqların hərəkət tezliyi, ürəyin daralma dövrü, ölü orqanizmlərin cəsədlərinin rəngi və s.

Mikromiqdar elementlərin təyini üçün onurğalılardan da istifadə olunur. Bir çox bioloji-tibbi problemlərin həlli üçün geniş istifadə olunan klassik indikator orqanizmlər amfibilər hesab olunur.

Rana ridibun qurbağasının orqan və toxumalarında və ya bütün bədəninə bir çox dərman preparatlarının fizioloji fəaliyyəti yoxlanılır. Sinir toxumasının biopotensialı, bəzi ağır metalların, eləcə də turşu və qələvilərin qatılığını təyin etmək üçün indikator kimi istifadə edilə bilər. Qurbağanın oturaq sinirinin bioelektrik aktivliyini artırmaq və ya azaltmaqla manqan xloridin tərkibini 1 *mkq* səviyyəsində qiymətləndirmək mümkündür [5].

Bioloji analiz metodlarında məmali orqanizminin vazomotor reaksiyalarından istifadə mümkündür. Kimyəvi birləşmələrin damar tonusuna təsirinin bir neçə yolu vardır: hamar əzələ toxumalarının membranı, damar metabolizmi, qan damarlarının xüsusi hüceyrə reseptorları və s. Beyin damarları mikroelementlərə qarşı çox həssasdır, bu da kadmium, cıvə, qurğuşun, manqan, kobalt, nikel və misin mikro miqdarını təyin etməyə imkan verir; məsələn, misin (II) aşkarlanma həddi 0,06 *mkq*-dir.

Beləliklə, analitik siqnal kimi indikator orqanizmlərin normadan spesifik kənarçıxmalarının istifadəsinə əsaslanan bioloji analiz metodları kifayət qədər yüksək həssaslıqla müxtəlif ətraf mühit obyektlərində və dərman preparatlarında qeyri-üzvi və üzvi fizioloji fəal birləşmələri təyin etməyə imkan verir [6].

Həssaslıq baxımından bioloji analiz metodları bir qayda olaraq kimyəvi metodlardan üstün olub, ənənəvi fiziki analiz üsulları ilə müqayisə edilə bilər, lakin bir sıra fiziki üsullara nisbətən həssaslığı aşağıdır [7]. Bioloji metodların vacib bir üstünlüyü onların sadəliyi, yuxarıda göstərilən metodlar üçün lazım olan bahalı və mürəkkəb avadanlıqlara tələb olmamasıdır. Bu metodların kifayət qədər yüksək olmayan seçiciliyi məlum üsullarla: ayırma, pərdələmə, ətraf mühit parametrlərini dəyişməklə (pH, temperatur və s.) artırıla bilər.

Bioloji metodlar həmişə sürətli deyil. Üstünlükləri ondan ibarətdir ki, xüsusi nümunə hazırlamağı və təyin olunan birləşmənin izolyasiyasını tələb etmir: birbaşa nümunə götürülən yerdə ekspedisiya şəraitində su və torpağın analizinə imkan verir. Onların köməyi ilə ilk mərhələdə canlı orqanizm üçün ümumi çirklənmə dərəcəsini və ümumi toksiklik dərəcəsini qiymətləndirərək digər daha mürəkkəb və bahalı metodlarla onların daha ətraflı təhlilini əhəmiyyətli dərəcədə

asanlaşdırmaq mümkündür.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Брагинский Л.П.* Проблемы аналитической химии. М.: Наука, 2007, Т.1, с.27-38
2. *Туманов А.А.* Биологические методы анализа // Журн. аналит. химии, 1988, Т.43, № 1, с.20-53
3. *Гюнтер Л.И., Юдина Л.Ф., Шукин И.В., Мадерни Н.Н.* Самоочищение и биоиндикация загрязненных вод. М.: Наука, 1998, с.241
4. *Туманов А.А., Китаева И.А., Баринаова О.В.* Влияние органических растворителей на биологическое определение веществ с экстракционным концентрированием // Журн. аналит. химии. 1995, Т.50, № 6, с.669-672
5. *Туманов А.А., Филимонова И.А., Постнов И.Е., Осипова Н.И.* Методы биоиндикации и биотестирования природных вод. Л.: Гидрометеоздат, 2007, Вып. 1, с.34-48
6. *Щеховцова Т.Н.* Биологические методы анализа. Москва.: МГУ, 2011, 235 с.
7. *Золотов Ю.А.* Основы аналитической химии. Москва.: Высшая школа, 1999, 574 с.

UOT 91

N.S.Kamilova

*AMEA akad H.Ə.Əliyev adına Coğrafiya İnstitutu
k.narxanim@gmail.com*

ABŞERON YARIMADASINDA MİŞAR DAŞI KARXANALARININ TİPOLOJİ TƏSNİFATI

Açar sözlər: texnogen, rekultivasiya, karxana, mişar daşı

Abşeron yarımadasında mişar daşının istehsalı geniş vüsət almışdır. Təbii ki, faydalı qazıntıların çıxarılması ətraf ərazilərdə texnogen relyefin müxtəlif formaları aydın nəzərə çarpmaktadır. Belə ki, ilk dəfə tərəfimizdən mişar daşı çıxarılan karxana yataqlarının morfoloji və morfometrik əlamətlərinə görə tipoloji təsnifatı aparılmışdır. Gələcəkdə torpaqların rekultivasiyasında bu təsnifat sxemlərindən istifadə edilməsi məqsədəuyğundur.

H.С.Камилова

ТИПОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ КАРЬЕРОВ ПИЛЕННЫХ КАМНЕЙ НА АПШЕРОНСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

Ключевые слова: техноген, рекультивация, карьер, пиленый камень

Производство пиленых камней было широко распространено на Апшеронском полуострове. Конечно, добыча полезных ископаемых является четкой формой различных форм техногенного рельефа в прилегающих районах. Впервые мы типологически классифицировали морфологические и морфометрические особенности карьеров пиленых камней. Целесообразно использовать эту классификационную схему в будущем при рекультивации почв.

N.S.Kamilova

TYPOLOGICAL CLASSIFICATION OF SAWMILLS QUARRIES IN ABSHERON PENINSULA

Keywords; technogenic, recultivation, quarry, saw stone

The production of sawdust has been widespread in Absheron peninsula. Of course, the extraction of minerals is a clear form of different forms of man-made relief in the surrounding areas. For the first time, we have typologically classed the morphological and morphometric features of the quarry deposits produced by sawdust. It is advisable to use these classification schemes in the future recultivation of soils.

Giriş. Abşeron yarımadası faydalı qazıntılarla zəngindir. Onların içərisində mişar daşı xüsusi yer tutur. 1938-ci ildən başlayaraq sənaye üsulu ilə istehsal olunur. İlk istehsal Korgöz, Güzdək və Maştağa yataqlarında başlanmışdır (cədvəl 1).

Cədvəl 1

Abşeron yarımadasında mişar daşının istehsalının geoxronologiyası və istehsal həcmi

İstehsal olunan sərvət	İ L L Ə R					
	1938	1950	1955	1960	1983	1990
Mişar daşı mln. ədəd	2,0	10,2	30,5	93,3	138,0	143,0

Qaradağ tikinti materialları kombinatı istehsal olunan məhsulun həcminə görə Avropada ən böyük daş emalı müəssisələrindən biri hesab olunur. Yarımada S.Ə.Dadaşov adına Elmi-Tədqiqat və Layihə İnstitutunun əməkdaşlarının hesablamalarına görə, hal-hazırda mişar daşının ehtiyatı 137084,1 min m³ təşkil edir. 1938-ci ildən 2016-cı illər ərzində sayı milyardlarla ölçülən əhəng daşı yataqlarından mişar daşı çıxarılmışdır (cədvəl 2).

Cədvəl 2

Abşeron yarımadasındakı daşçıxarma karxanalarından hasil olan mişar daşları haqqında məlumat (1991-2016-cı illər üzrə)

Sıra sayı	Yataqların adı	Tutduğu sahə, ha	Hasil olunan mişar daşı, min ədəd	Hasil olunan tullantı, min m ³	Yataqlardan kürünüb atılan münbit torpağın kütləsi min m ³	O cümlədən ümumi sahədən tullantılarla basdırılan yerlər, ha
1.	Qaradağ (Qızıldaş, Korgöz)	2706,9	39867,2	13289,1	6767,3	567,0
2.	Şahdağ	1281,0	18866,6	5659,9	32002,5	215
3.	Güləbənd	1357,3	19990,3	6663,4	3393,1	187
4.	Vulkan	1726,4	25424,9	8474,9	4316,0	227
5.	Şıxov	180,9	2664,3	879,2	450,0	27,5
6.	Şüvəlan	1395,8	20557,3	6167,2	3489,5	56,7
7.	Türkan	613,6	9037,1	2711,1	1534,0	10,3
8.	Vaqif	156,8	2309,4	692,8	392,0	5,6
Yekun		9568,9	165573,6	25925,4	23544,1	1295,3

Cədvəl 2-də göstərilmiş rəqəm məlumatlarından görüldüyü kimi, ölkəmiz müstəqillik əldə etdikdən sonra Abşeron yarımadasında mövcud 8 daşçıxarma yataqlarından 27 il ərzində 165573,6 min ədəd mişar çıxarılmışdır. Bu dövr ərzində çıxarılan mişar daşı 49 il ərzində çıxarılan mişar daşından yüzlərlə dəfə çox olmuşdur. Əhalinin sayının sürətlə artması ilə əlaqədar daşçıxarmada daşdoğrama mexanizmlərinin məhsuldarlığı dəfələrlə artmışdır.

Yarımadanın əhəng daşları çıxarılan yataqlarında faydalı qazıntıların yerləşmə dərinliyi yerin səthinə yaxın olduğu üçün istismar işləri açma üsulla aparılmış və aparılmaqda davam etdirilir. Buna görə istismar qabağı təbiətin mühafizəsinə aid tədbirlər həyata keçirilməsi səbəbindən geniş sahələrdə (xüsusən Şüvəlan və Türkan yataqlarında) münbit torpaq qatı kürünüb anbarlaşmadığına görə həmin yerlərdə texnogen “səhrələr” landşaftı yaranmışdır. Daşçıxaran şirkət və müəssisə rəhbərləri heç olmasa yeni yataqların istismarına başlamazdan əvvəl münbit torpaq qatının müəyyən dərinlikdə kürüyüb anbarlaşdırılmasını həyata keçirənlər, mövcud torpaq-bitki sistemi öz təbii axarına düşə bilər ki, bununla da ekoloji tarazlığa dəyən zərər aradan qaldırılmış olar.

Təhlil və müzakirə

Cədvəl 2-dən məlum olduğu kimi, yarımada daşçıxarılaraq qalan 9568,9 hektar sahədən 23544,1 min m³ münbit torpaq kütləsi kürünüb atılmış, 1295,3 hektar karxanaətrafı sahələr karxana tullantıları ilə örtülmüşdür. Bununla belə istismar zamanı karxanaların dib platformalarında və onların bəndlərində 25923,4 min m³ əhəng ovuntusundan ibarət tullantı toplanmışdır. Digər tərəfdən, yataqların istismarı ilə əlaqədar yarımadanın bütün mişar daşı çıxarılan yataqlarında müxtəlif morfometrik karxanalar yaranmışdır. Karxanaların morfoloji və morfometrik ölçüləri cədvəl 3-də verilir. Verilmiş məlumatlardan aydın olur ki, yarımadanın ərazisində mişar daşı çıxarma karxanaları morfoloji və morfometrik quruluşlarına görə 12 tipə ayrılmaqla təsnifləşdirilmişdir. Tərtib edilmiş təsnifatdan görüldüyü kimi, karxanalar çox mürəkkəb quruluşlu olmaqla müxtəlif xassələrə malikdirlər. Onların ayrı-ayrı ünsürlərinin sahəsi geniş diapazonda olub 0,1-50 hektar, nisbi yüksəklikləri ±1,5-15 metr arasında dəyişir. Karxana çökəkliklərinin dərinliyinin 20 m-ə qədər olması yataqlarda faydalı qazıntılar ehtiyatının yerin səthinə yaxın qatlarda toplanması ilə əlaqədardır [19]. Mişar daşları yarımadanın 25 nöqtəsində geniş yayılmaqla onlardan yalnız 2 növü üzrə istismar işləri aparılır.

Mişar daşı çıxarılan karxana yataqlarının morfoloji və morfometrik əlamətlərinə görə tipoloji təsnifatı

Karxananın relyef formasına görə yatım tipi indeksi	Morfoloji xüsusiyyətləri		Morfometrik ölçüləri		Münasib şəraitdə istifadə olunmasına aid təklif və tövsiyələr
	Texnogen relyef elementlərinin xüsusiyyətləri	Yamacların maililik dərəcəsinə görə	Tutduğu sahəyə	Müəyyən edilmiş dərinliyi	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Terraslı karxana (KT)	Çox mürəkkəb, bəzən yamaclarda 15-dən çox terras xətti	Uçurumlu	İri sahəli >50 ha	Çox dərin >20 m	Hidrotexniki qurğuların tikintisi üçün əlverişli; su mənbəyinin yaxınlığında balıqçılıq təsərrüfatı üçün yararlı
	Mürəkkəbdir, yatağında çox saylı göbələkvari balıqqulaqları var, 10-a qədər terrası	Uçurumlu	Orta sahəli 30-50 ha	Dərin 10-20 m	Sulama şəraitində ekzotik rekreasiya məqsədi ilə istifadəsi mümkündür
	Mürəkkəb yataqlı, müxtəlif formalı tullantılardan ibarət yığınlar var	Dik yamaclı	5-30 ha	Orta dərinlikli 5-10 m	Yamacların hamarlanması ilə yaşıllaşdırıla bilər; su mənbəyi olduqda balıqçılıq təsərrüfatı yaratmaq olar
Çökəkvari (Ç)	Nisbətən sadədir, yataq hissəsində seyrək balıqqulaqlara rast gəlinir	Maili yamaclı	İri sahəli >50 ha	Dərin >10 m	Səthi hamarlama aparılmaqla yaşıllaşdırmaya yararlıdır
Nəlbəkivari (N)	Sadə	Yamacların mailiyyəti 40 ⁰ -yə qədər	Orta sahəli 30-50 ha	Nisbətən dəyaz 5-10 m	Səthi hamarlama ilə kənd təsərrüfatı dövryyəsinə (biçənək öyrüş) daxil etmək olar
	Zəif hamarlanmış çalavari	Yastı yamaclı	Kiçik sahəli 30-50 ha	<5 m	Texniki və bioloji rekultivasiyadan sonra k/t dövryyəsinə daxil etmək olar
Daşlı çökəklik (DÇ)	Qazıntı tullantılı və dəyaz xəndəkli	Zəif maili şırımlı yamaclar	Orta sahəli 30-50 ha	Dayaz 5-10 m	Səthi hamarlamadan sonra yaşıllaşdırmaya yararlı ola bilər

1	2	3	4	5	6
Daş bəndli səngərvari (DS)	Müxtəlif ölçülü çala və qabarıqlı töküntülər	Uçurumlu dik yamac	Kiçik sahəli 5-10 ha	Dar xəndəkvari 5-10 m	Səthi hamarlama aparıldıqdan sonra meşə və kol cinslərindən ibarət yaşıl zolaqlar salmaq
Töküntü haşiyəli platforma (TP)	Töküntü suxurları ilə haşiyələnmiş karxana platforması	Zəif maili töküntülərdən ibarət yamaclar	Orta və kiçik sahəli >10 ha	5-10 m	Sahil bərkidici tədbirlərdən sonra su təsərrüfatının yaradılması mümkündür
V-yə bənzər xəndəkvari (X) hamar səthli xəndəklər	Hamar səthli xəndəklər	Orta dərəcədə maili yamaclar və töküntülü kanalvari dar platforma	Kiçik sahəli >5 ha	Kanalvari uzadılmış keçid <5 m	Yamacların hamarlanması ilə balıqçılıq üçün su tutarları yaratmaq olar
Dairəvi dik yamaçlı çökəklik (DÇ)	Uçurumlu yamaçlı yastı yataqlı platforma	Dik yamaçlı	Orta sahəli 30-50 ha	Dörd bucaqlı çala 10-5 m	Çalanın platforması kolmataqlaşdırmadan sonra kiçik dəryaqlı üçün yararlıdır
Çalalı çıxıntılı (ÇÇ)	Alçaq maili yamaçlı çala	Zəif maili yamaçlı	Kiçik sahəli 5-10 ha	Dairəvi çala 5-10 m	Səthi hamarlamadan sonra yaşıllıqların yaradılması üçün yararlıdır
Trapesiya (rasa) və ya daraqvari bəndli (TD)	Yastı səthli uzadılmış bəndlər	Orta və zəif maili yamaçlı bəndvari qalxmalar	Kiçik sahəli 5-10 ha	Uzadılmış bəndvari 10-15 m	Səthi hamarlamadan sonra yaşıllıqların yaradılması üçün yararlıdır
Pərakəndə qeyri standart daş yığımlı töküntülər (PT)	Qalıq daş yığımlı tərəciklər	Müxtəlif maili tərəciklər	Ayrı-ayrılıq-da 0,2-0,5 ha	Nisbi yüksəklik 1,5-5,1 m	Karxana yatağında hamarlanma yolu ilə yaşıllaşdırma aparmalı
Balıqqulaqlı kümbəz formalı çıxıntılı karxanalar	Mürəkkəb formalı pərakəndə halında çıxıntılı balıqqulaqlar	Dik, uçurumlu yamaçlı balıqqulaqlar	Ayrı-ayrı 0,1-0,3 ha balıqqulaqlar	Nisbi yüksəkliyi 2,5-5,0 m	Karxana daxilində kolmatajlı hamarlama aparılmaqla balıqçılıq üçün, su tutarlar üçün yararlıdır

Cədvəl 3-də mişar daşının çıxarılmasına aid karxanaların morfoloji və morfometrik quruluşlarının əyani görkəmləri fotosəkillər üzrə aşağıda verilir (şəkil 1).

Onlardan biri – Qaradağ massivində çıxarılan mişar daşları kristallik formada olub bərk və kip xüsusiyyətlidir. Bu ərazidəki əhəng daşı əsas etibarilə kalsit (CaCO_3) minerallarından və gil, dolomit, kvars və s. qatılıqlardan ibarətdir. Bu növ əhəng daşı kimyəvi mineral çöküntülərin metamorfizləşməsi nəticəsində əmələ gəlmişdir. Əhəng daşının sıxlığı $1700-2600 \text{ kq/m}^3$, sıxılmada



Şəkil 1. Karxana formaları

möhkəmlik həddi 10-100 MPa-dır, bərkliyi 3-dür. O, ağ və digər qatışıqın rəngindən asılı olaraq sarımtıl-boz, boz-qonur və əsasən ağımtıl-boz rəngində olur. Kimyəvi tərkibində əsas yeri CaCO_3 -tuttur ki, onun miqdarı 95-100 % arasında dəyişir. Onun tərkibində qatışıqlar kimi müəyyən miqdarda mergel gilli, mergel əhəngli gil suxurları olur. Əhəng daşının digər növü isə yarımadaının şərq yarısındakı Türkan, Şüvəlan, Maştağa, Hövsan-Türkan arası massivlərdəki daşçıxarma yataqlarında yayılmışdır. Bu növ əhəng daşları zoogen mənşəli olub balıqqulaqlı qarışıqlıdır. Məsələsinə görə Qaradağ əhəng daşlarından çoxluğuna görə (24,5-52,3 %) fərqlənir. Fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərindən həcm və fiziki çəkirlinə görə də fərqlənərlər, sıxlığı $1500-1650 \text{ kq/m}^3$ -dir, nisbətən yüngül çəkilidirlər. CaCO_3 -ün miqdarı Qaradağ əhəng daşına nisbətən az olub 95%-lə 85% arasında dəyişir. Tərkibində CaCO_3 -lə yanaşı dolomitlər də iştirak edir.

Abşeron yarımadasında istehsal olunan mişar daşının artması

nəticəsində ətraf mühit çirklənir ki, bu da ekoloji gərginliyin qloballaşmasına səbəb olur. Bu səbəbdən təklif edirik ki, həmin ərazilərdə emal işləri apardıqdan sonra yerlərin təbii şəraitinə uyğun olan ağaclar əkilsin. Çünki əvvəldə qeyd etdiyimiz kimi, artıq yarımsəhra landşaftı səhra landşaftları ilə əvəz olunmuşdur. Bununla yanaşı, istehsal zamanı toz hissəciklərinin, həmçinin səs-küyün ətraf mühitə yayılaraq insan sağlamlığına mənfi təsir göstərməsi səbəbi ilə yaxın ərazilərdə mövcud olan yaşayış məntəqələrinin köçürülməsini və yenilərinin qarşısının alınmasını tövsiyə edirik.

Nəticə

İlk dəfə olaraq Abşeron yarımadasında mişar daşı çıxarılan karxana yataqlarının morfoloji və morfometrik əlamətlərinə görə tipoloji təsnifatı aparılmışdır. Münasib şəraitdə istifadə olunmasına aid təklif və tövsiyələr irəli sürülmüşdür. Belə ki, ərazidə rekultivasiya işləri aparmadan öncə bütün bu deyilənlər nəzərə alınmalıdır.

ƏDƏBİYYAT

1. *Fətəliyev S.A., İmanov Ə.M., Bayramov F.H.* Azərbaycan Respublikasında tikinti materiallarının mineral xammal ehtiyatları. Bakı, 2000, 200 s.
2. *Xanməmmədova Q., Bədəlov A.* İnşaat materialları. Bakı: Maarif, 1971, 380 s.
3. *İbadov M.Ə.* Daş işləri. Bakı, 1968, 11 s.
4. *Məmmədov Q.S., Xəlilov M.Y.* Ekologiya və ətraf mühitin mühafizəsi. Bakı: Elm, 2005, 849 s.
5. *Məmmədov Q.S., Xəlilov M.Y.* Ekologiya, ətraf və insan. Bakı: Elm, 2006, 607 s.
6. *Məmmədov Q.S., Xəlilov M.Y., Məmmədova Ş.Z.* Aqroekologiya: metodika, texnologiya, iqtisadiyyat. Bakı: Elm, 2011, 447 s.
7. *İsenko B.M., İsenko V.M.* Tikinti işlərinin əsasları. Bakı: Maarif, 1975, 248 s.
8. *İyikov A.A., Sedov A.P.* Daş və üzlük işləri. Bakı, 1959, 269 s.
9. Azərbaycan Respublikasının ətraf mühitin mühafizəsi haqqında qanun. Bakı, 2000
10. Çirklənmiş torpaqların bərpası təklif olunan elmi-praktiki konfrans / Məqalələr toplusu. Bakı, 2008, 128 s.
11. Ekoloji təhlükəsizlik haqqında Azərbaycan Respublikasının Qanunu. 8 iyun, 1999
12. *Yaqubov Q.S.* Azərbaycan Respublikasında texnogen pozulmuş torpaqların tədqiqi, genetik xassələri və onların rekultivasiya yolları. Bakı, 2003, 203 s.
13. *Yaqubov Q.S.* Abşeron yarımadasının texnogen pozulmuş torpaqlarının rekultivasiya məqsədi miqyaslı rekultivasiya tədqiqatlarına aid izahlı vərəqə. "Azdövyerquruluşu" fond materialları, Bakı, 2004, 50 s.
14. *Yaqubov Q.S.* Texnogen pozulmuş torpaqların ekoloji xəritəsinin tərtibi və ona aid izahat vərəqəsinin yazılmasına dair müvəqqəti göstəriş. Bakı, 2011, 29 s.
15. *Yaqubov Q.S.* Azərbaycanın texnogen xəritəsi. II Azərbaycan Respublikasının Milli Atlası. Bakı, 2014, 225 s.

УДК 54

*Ш.М.Мамедов, Г.Н.Ахундзаде, Д.Ш.Мамедов, Р.Ф.Ханкишиева,
Р.Р.Мамедова, А.И.Азадалиев*

*Институт радиационных проблем НАН Азербайджана
hacivahidd@gmail.com*

ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ЭЛАСТОМЕРОВ

Ключевые слова: *бутадиен-нитрильный каучук, радиация, сшивание, вулканизация, технический углерод*

Исследованы особенности влияния технического углерода на свойства и структуру БНК с участием сшивающих и сенсibiliзирующих агентов бис-4-трихлорметил-фенил-дихлорметан (ТХМФДХМ), 2,4-дихлор-6-диэтиламино-симмтриазин (ДХДЭАСТ) в присутствии оксид цинка. Полученные результаты показывают, что технический углерод (печной П324) может применяться в смесях на основе БНК для повышения пласто-эластических и структурных параметров сетки термо и радиационных вулканизатов. В результате реакции оксид цинка с полимерными молекулами с органическими сшивающими агентами при радиационно-химической структурировании БНК приводит к дополнительному образованию С-С связей. Совместное применение ТУ и оксид цинка в радиационно-химических процессах в составе БНК и сшивающих агентов приводит к повышению механических свойств и коэффициента теплового старения образцов при воздействии 150°C.

*Ş.M.Məmmədov, H.N.Axundzadə, C.Ş.Məmmədov, R.F.Xankişiyeva,
R.R.Məmmədova, A.İ.Azadəliyev*

TEKNİKİ KARBONUN ELASTOMERLƏRİN STRUKTUR VƏ XASSƏLƏRİNƏ TƏSİRİ

Açar sözlər: *butadien nitril kauçuku, radiasiya, tikilmə, vulkanlaşma, texniki karbon*

Aparılmış tədqiqat işində tikici agent, sensibilizatorlar bis-4-trixlormeti-fenil-dixlormetan (ТХМФДХМ), 2,4-dixlor-6-dietilamino-simmtriadin, (DXDEAST) və sink oksidin iştirakı ilə vulkanlaşmış butadien nitril kauçukunun xassə və quruluş parametrlərinə texniki karbonun (TK) təsiri öyrənilmişdir. Alınmış nəticələr onu göstərir ki, texniki karbon (soba S324) butadien-nitril kauçuku (BNK) əsaslı qarışıqların termiki və radiasion vulkanizatların plasto-elastik və quruluş parametrlərinin yüksəlməsi üçün istifadə oluna bilər. Üzvi tikici agentin iştirakı ilə radiasion-kimyəvi vulkanlaşma prosesi zamanı ZnO ilə polimer molekulunun arasında

baş verən reaksiya BNK-nın tərkibində əlavə, yeni C-C rabitələrinin əmələ gəlməsinə səbəb olur. Müəyyən olunmuşdur ki, radiasion-kimyəvi tikilmə zamanı BNK əsaslı elastomer üçün tikici agent və TK (S324) ilə ZnO tozlarının birgə istifadəsi nümunələrin mexaniki xassələrini və 150°C temperatur altında istilikdən köhnəlmə əmsalını yüksəldir.

*Sh.M.Mammadov, Akhundzada H.N., J.S.Mammadov, R.F.Khankishiyeva,
R.R.Mammadova, A.I.Azadaliev*

THE EFFECT OF TECHNICAL CARBON TO THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF ELASTOMERS

Keywords: *nitrile butadiene rubber, radiation, crosslinking, vulcanization, carbon black*

This study investigates the effect of carbon black (CB) on the properties and structure of NBR with the participation of crosslinking and sensitizing agents bis-4-trichloromethyl-phenyl-dichloromethane (TChMPhDChM), 2,4-dichlor-6-diethylamino-simmtriazine (DChDEAST) in the presence of zinc oxide. The results show that carbon black (furnace F324) can be used in NBR-based blends to increase the plasto-elastic and structural parameters of the polymer grid of thermo and radiation vulcanizates. As a result of the reaction of zinc oxide with polymer molecules with organic crosslinking agents by radiation-chemical vulcanizing of NBR, the additional new C-C bonds are formed. The combined use of CB and zinc oxide in radiation-chemical processes as part of NBR and crosslinking agents leads to an increase in the mechanical properties and the coefficient of thermal aging of the samples at 150°C.

1. Введение

В настоящее время наиболее актуальным является проблема получения дешевых и качественных эластомерных материалов. Применение наполнителей (технический углерод) позволяет сократить расход эластомера и направленно влиять на свойства полученных эластомерных материалов (ЭМ). Благодаря уникальным усиливающим свойствам, самым распространенным наполнителем в технологии эластомера является технический углерод [4; 6; 8]. Усиливающее свойство технического углерода зависит от размера, формы и химии поверхности его первичных агрегатов [9].

На сегодняшний день получение новых материалов с участием технического углерода, направленных на улучшение технологических свойств эластомера и обеспечение необходимого комплекс свойств ЭМ, является актуальной задачей. Согласно существующими представлениями необходимым условием усиления является образование структурной сетки (цепочных структур) технического углерода [2; 3; 7; 10], на которой

адсорбируются и ориентируются молекулярные цепи эластомера и формируется пространственная сетка полимера. Механические свойства эластомера зависят в конечном итоге, как от свойств структурных сеток, так и от взаимодействия этих сеток, т.е. от количества связей каучук – ТУ и их прочности. Кроме того, известно [1], что разные ТУ неодинаково влияют на процесс вулканизации смесей и качественное протекание реакций сшивания. Следовательно, в присутствии ТУ может меняться и структура полимерной сетки.

В связи с этим представляло интерес исследований влияние ТУ ПЗ24 на структуру и механические свойства эластомера.

ТУ (ПЗ24) изготавливают по ГОСТ 7885-86 (Россия), среднеарифметический диаметр частиц 100-200 нм, составляет 35 м²/г.

2. Методика и объект исследования

Объектом исследования является бутадиен-нитрильный каучук (БНК) СКН-40. В качестве сшивающего и сенсibiliзирующего агента использовали хлорсодержащий ароматический и триазиновых соединений бис-4-трихлорметил-фенил-дихлорметан (ТХМФДХМ); 2,4-дихлор-6-диэтиламино-симметриазин (ДХДЭАСТ) представляющего значительный интерес ввиду его высокой эффективности в качестве сшивающего и сенсibiliзирующего агента. В качестве активатора вулканизации применяли оксид цинка. Для усиления эластомерных смесей использовали технический углерод (ТУ, наполнитель марки ПЗ24, Россия). При печном способе ТУ получают при неполном сгорании природного газа или его смеси с маслом (ГОСТ 7885-86, Россия). Среднеарифметический диаметр частиц ТУ составляет 100-150 нм, удельная адсорбционная поверхность 35 м²/г.

На лабораторных вальцах после тщательного перемешивания БНК в течение 5 мин с фрикцией 1:2 готовили эластомерные смеси (мас.ч. на 100 мас.ч. каучука) содержащие 3,0 мас.ч. ТХМФДХМ, 2,5 мас.ч. ДХДЭАСТ, 5,0 мас.ч. ZnO и 60 мас.ч. технического углерода ПЗ24.

Термическая вулканизация образцов проводилась в электропрессе при режиме 150°С в течение 40 мин. Облучение образцов проводили на γ установке Co⁶⁰ в ампулах и контейнерах при мощности 0,13 Гр/с в воздушной среде при 20°С. Поглощенная доза составляла 0-500 кГр. Физико-механические характеристики образцов определяли на разрывной машине марки «LY-1070 Tensile Testing Machine» по стандарту ASTM D412.

3. Результаты и их обсуждение

Взаимодействие эластомера с ТУ оценивали углерод каучукового геля (УКГ) и вязкости смесей. Результаты исследований показали, что поведение ТУ в термических и радиационных смесях на основе СКН-40 различно. Для смесей полученный термическим способом увеличения УКГ и вязкости по сравнению с облученными выше (рис.1).

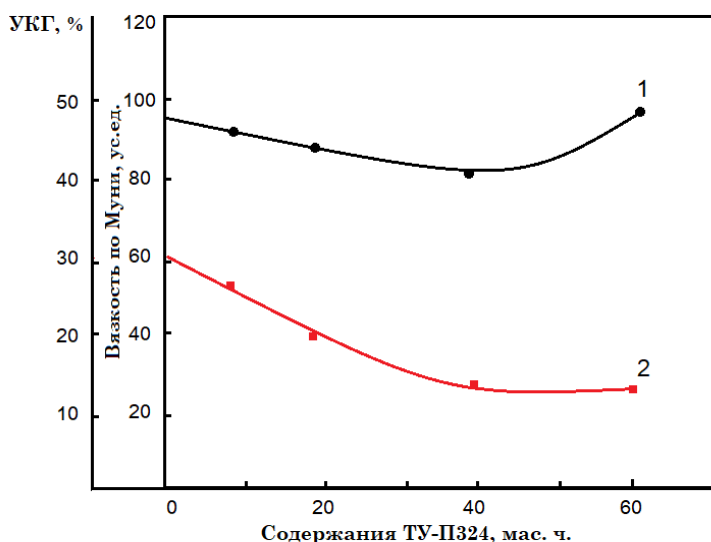


Рис. 1. Зависимость вязкости и углерод каучукового геля (УКГ) термических (1) и облученных образцов (2) на основе БНК от содержания ТУ

Одной из причин уменьшения вязкости смесей радиационных образцов в присутствии ТУ по сравнению с термическими вулканизатами может быть отсутствие прочной связи между углеродными структурами [11].

Добавки в состав смесей оксид металлов могут также создавать препятствия для более совершенного контакта частиц ТУ П324 и для образования развитой непрерывной структуры ТУ в смесях. Собственная же структура ТУ может возникнуть только при определенном содержании в смесях, которое чем больше дисперсность ТУ.

Образование менее развитой углеродной структуры приводит к уменьшению поверхности контакта каучука с ТУ, понижению эффекта взаимодействия между эластомером и ТУ и, в конечном итоге, к снижению вязкости смесей.

Изменения структуры эластомера с участием ТУ не могут не отразиться на свойствах эластомер. Пласто-эластические и механические

свойства эластомера изменяются в зависимости от содержания ТУ в соответствии с отмеченными выше изменениями структуры смесей.

Результаты физико-механических исследований вулканизатов показали, что введение в эластомерную смесь ТУ приводит к значительному увлечению прочности термических вулканизатов (таб. 1).

Таблица 1. Влияние температуры и дозы облучения на физико-механические свойства наполненных вулканизатов на основе БНК

Показатели	Термическая вулканизация (150°С), мин.		Радиационная вулканизация, кГр		
	20	40	200	400	600
Условное напряжение при удлинении, МПа	11,4	20,0	6,2	13,4	10,3
Условная прочность при растяжении, МПа	10,7	13,7	8,1	8,9	9,3
Относительное удлинение, %	680	620	710	710	690
Коэффициент теплового старения (150° С, 150 ч):					
По прочности	0,62	0,85	0,54	0,59	0,62
По относительному удлинению, ε, %	0,44	0,57	0,48	0,55	0,58
По динамической выносливости, N, МПа	0,58	0,65	0,57	0,61	0,63
Изменение массы при набухании в смеси бензин-бензол (3:1, 80°С, %)	47	41	53	42	38

При введении тонкодисперсных ТУ происходит усиление радиационных вулканизатов: существенно увеличивается прочность, улучшается сопротивление тепловому старению. В таб.1 представлены результаты испытаний радиационных вулканизатов на основе БНК, наполненных техническим углеродом (ТУ). Установлено, что с ростом дозы облучения (до 500 кГр) прочность монотонно повышается. При дозе 800 кГр эластомер утрачивает эластичность, относительное удлинение снижается на 5%.

Повышение дозы до 1000 кГр приводит к деструкции пространственной сетки радиационных вулканизатов. Выдержка облученных образцов при 150°C в течение 150 ч. не проводили к существенному ухудшению их свойств, причем это ухудшение чем выше, тем выше доза облучения. Можно предположить, что сшивающие системы оказывают стабилизирующее действие в процессе старения, которое чем сильнее, тем выше доза облучения. Процесс теплового старения облученных вулканизатов на воздухе приводит к дополнительному структурированию.

Увеличение сопротивления старению с ростом дозы облучения свидетельствует от образования дополнительных поперечных связей в результате реакции с кислородом и накопления взаимодействующих полярных групп. Снижение старения набухания с увеличением дозы облучения связано с дополнительными цепочными структурами образования С-С связей в наполненных эластомерах.

Известно, что на скорость вулканизации и свойства эластомер оказывает влияние тип применяемого оксида металла [5]. Особенно это проявляется при сшивании непредельных эластомеров акриловыми соединениями, где роль оксид металла сводится главным образом к образованию в вулканизатах дополнительных связей адсорбционного типа, способствующих повышению предела прочности при разрыве. Причем доля этих связей тем выше, чем больше величина удельной поверхности оксида металла.

Была изучена также роль оксида цинка при радиационно-химическом сшивании эластомера в присутствии сшивающего и сенсибилизирующего агента. Установлено, что введение оксид цинка оказывает заметное влияние на скорость радиационного структурирования смесей на основе БНК. О характере действия ZnO можно судить по изменению условного числа поперечных связей в эластомере.

Так, если в отсутствии оксида цинка структурирование БНК замедляется при дозе 400 кГр, то при введении ZnO наблюдается увеличение числа сшитых молекул и радиационно-химического выхода. В этом случае концентрация поперечных связей (n_c) при предельной использованной дозе облучения 300 кГр равно $2,4 \cdot 10^{-19} \text{ см}^3$ (рис. 2).

В тоже время для термических вулканизатов при режиме 150°C, 40 мин значительно выше $9,7 \cdot 10^{-19} \text{ см}^3$. Следует отметить, что при облучении образцов с техническим углеродом с участием ТХМФДХМ и ДХДЭАСТ активируются радиационно-химические реакции и это приводит к увеличению геля фракции в образцах ($G=50-70\%$).

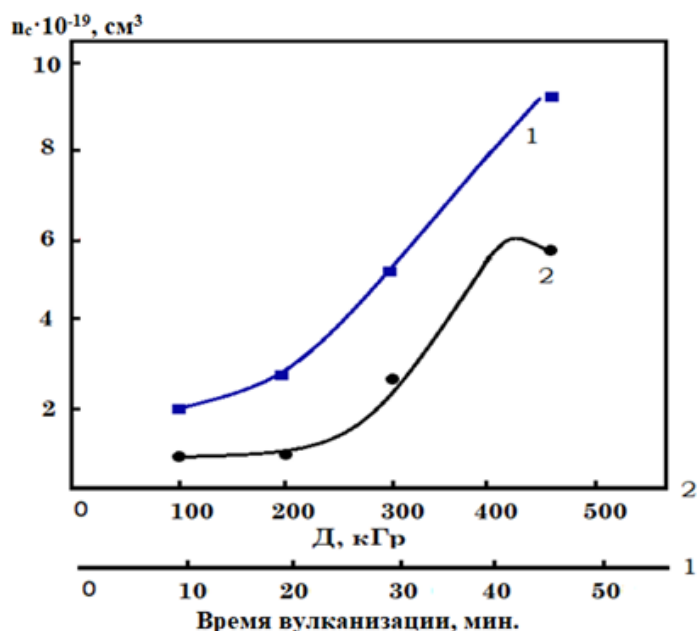


Рис. 2. Зависимость условной концентрации поперечных связей вулканизатов на основе БНК от дозы облучения и времени вулканизации 1-термический (150°C); 2-радиационный

Заключение

Проведенные исследования позволили выявить влияние состава эластомера на процесс радиационно-химической вулканизации БНК, установить эффективность сшивающего и сенсibiliзирующего действия низкомолекулярных соединений. Установлено активное действие пчечной ТУ и оксида цинка в радиационно-химических процессах и улучшение пластичности эластомерных смесей и сопротивление старению с повышением времени и дозы облучения.

Использование комбинации ТУ (П324) и ZnO позволяет при определенных условиях улучшить механические свойства термических и радиационных вулканизатов, определенные параметры пространственной сетки эластомера на основе БНК при 150°C, 40 мин и 500 кГр дозы. Установлено, что густоты сеток и степень поперечного сшивания у термических вулканизатов больше, чем у облученных образцов.

ЛИТЕРАТУРА

1. He X., Shi X., Hoch M., Gögelein C. Mechanical properties of carbon black filled hydrogenated acrylonitrile butadiene rubber for packer compounds. *PolymerTesting*, 2016, 53, 257-266
2. Heideman G., Noordermeer J.W.M., Datta R.N. et al. Activators in accelerated sulfur vulcanization, *Rub. Chem. and Technol.*, 2005, v.77, No 3, pp. 512-541
3. Jovanovic V., Samarzija-Jovanovic S., Budinski-Simendic J. et al. Composites based on carbon black reinforced NBR/EPDM rubber blends. *Compos B: Eng*, 2013, v.45, No 1, pp.333-340
4. Kornev A.E., Bukanov, A.M., Sheverdyayev, O.N. Technology of elastomeric materials. M.: Exim., 2000, pp.141-143
5. Malinova P., Nikolov R., Dishovski N., and Lakov L. Modification of carbon-containing fillers for elastomers, *Kautschuk& Gummi Kunstst*, 2004, v.57, No 9, pp.443-445
6. Mammadov Sh.M. Fundamentals of technology of synthesis, processing and vulcanization of NBR., Lap Lambert. Academic Publishing, 2016, p.351
7. Pal K., Rajasekar R., Kang D.J., Zhang Z.X., Pal S.K., Das C.K., et al. Influence of carbon blacks on butadiene rubber/high styrene rubber/natural rubber with nanosilica: morphology and wear. *MaterDes*, 2010, v.3, No 11, pp.56-64
8. Reznichenko S.V., Morozova Y.L. Big reference book of a rubber scientist. P. 1. Rubber and ingredients. M. Techninform MAI, 2012, p.527
9. Sen M., Çopuroğlu M. Influence of gamma irradiation on the ageing characteristics of poly(ethylene-co-vinyl acetate) and poly(ethylene-co-vinyl acetate)/carbon black mixture, *Thermal Analysis and Calorimetry*, 2006, v.86, No 1, pp.223-227
10. Wang L.L., Zhang L.Q., Tian M. Mechanical and tribological properties of acrylonitrile-butadiene rubber filled with graphite and carbon black. *Materials & Design*, 2012, v.39, pp.450-457
11. Wolff, S., Wang M.J. Filler – Elastomer Interactions. Part IV. The Effect of the Surface Energies of Fillers on Elastomer Reinforcement. *Rubber Chemistry and Technology*, 1992, v.65, No 2, pp.329-342

UOT 53

V.C.Məmmədova
Bakı Dövlət Universiteti
mvusala@yandex.ru

Cd_{1-x}Zn_xO NAZİK TƏBƏQƏLƏRİNİN ELEKTRİK VƏ FOTOELEKTRİK XASSƏLƏRİ

Açar sözlər: nazik təbəqə, elektrokimyəvi çökdürmə, katod potensialı, elektrik xassələri, termik işlənmə

İşdə müxtəlif tərkibli Cd_{1-x}Zn_xO nazik təbəqələri sulu məhluldan elektrokimyəvi çökdürmə metodu ilə Mo altlıqlar üzərində alınmışdır. Nazik təbəqələrin elektrik və fotoelektrik xassələrinə texnoloji və termik işlənmə rejimlərinin təsiri tədqiq edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, Cd_{1-x}Zn_xO nazik təbəqələrinin elektrik və fotoelektrik parametrləri çökdürülmə potensialı, təbəqələrin tərkibi və Tİ-nin optimal rejiminin seçilməsi ilə idarə oluna bilər.

В.Дж.Мамедова

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК Cd_{1-x}Zn_xO

Ключевые слова: тонкая пленка, электрохимическое осаждение, катодный потенциал, электрические свойства, термическая обработка

В работе тонкие пленки Cd_{1-x}Zn_xO различного состава методом электрохимического осаждения из водного раствора были получены на поверхности подложек Мо. Исследованы влияния режимов технологической и термической обработки на электрические и фотоэлектрические свойства пленок. Было установлено, что электрические и фотоэлектрические параметры пленок Cd_{1-x}Zn_xO могут контролироваться оптимальным режимом потенциала осаждения и состава пленок.

V.J.Mammadova

ELECTRICAL AND PHOTOELECTRICAL PROPERTIES OF Cd_{1-x}Zn_xO FILMS

Keywords: thin films, electrochemical deposition, cathode potential, electrical properties, heat treatment

In this paper, films of Cd_{1-x}Zn_xO with different composition were prepared by the method of electrochemical deposition from an aqueous solution onto the surface of Mo substrates. Effect of technological and heat treatment regimes on the electrical and

photoelectric properties of films are investigated. It was found that the electrical and photoelectric parameters of Cd_{1-x}Zn_xO films can be controlled by the optimal deposition potential regime and film composition.

Introduction

Otaq temperaturunda $E_g=3.36$ eV qadağan olunmuş zolağa malik ZnO şəffaf yarımkeçirici nazik təbəqələri hazırda ultrabənövşəyi (UB), mavi, yaşıl və ağ işıq diodlarında, həmçinin günəş energetikasında geniş tətbiqinə görə öz analoqlarından (GaN) heç də geri qalmır [1; 2; 3]. Belə ki, Ga təbiətdə nadir tapılan element olduğu halda, Zn geniş yayılmışdır. ZnO nazik təbəqələri kimyəvi cəhətdən dayanıqlı olması ilə bərabər, istehsal texnologiyası ucuzdur və zəhərli deyildir.

Düz zolaqlı CdO keçirici nazik təbəqələri isə ZnO-dan fərqli olaraq spektrin görünən oblastında ($E_g=2.5$ eV) şəffafdır. Onların elektrik və optik xassələrinin geniş temperatur intervalında tədqiq edilmiş, günəş energetikasında, qaz sensorlarında, habelə kiçik müqavimətli rezistorlar kimi tətbiq imkanları araşdırılmışdır [4; 5]. ZnO ilə müqayisədə (90 %) CdO təbəqələrinin görünən oblastda optik buraxması azdır (60-70 %). Lakin alçaq omlu olması nazik təbəqələrinin tətbiq imkanlarını artırır.

ZnO və CdO nazik təbəqələrinin ayrılıqda hər birinin üstün cəhətlərinin və parametrlərinin stabilliyinin artırılması və çatışmayan cəhətlərinin azaldılması yollarının müəyyən edilməsi məqsədilə işdə elektrokimyəvi çökdürülmə üsulu ilə Mo altlıqlar üzərində alınmış Cd_{1-x}Zn_xO nazik təbəqələrinin elektrik və fotoelektrik xassələri texnoloji və termik işlənmə rejimləri və təbəqələrin tərkibindən asılı olaraq tədqiq edilmişdir.

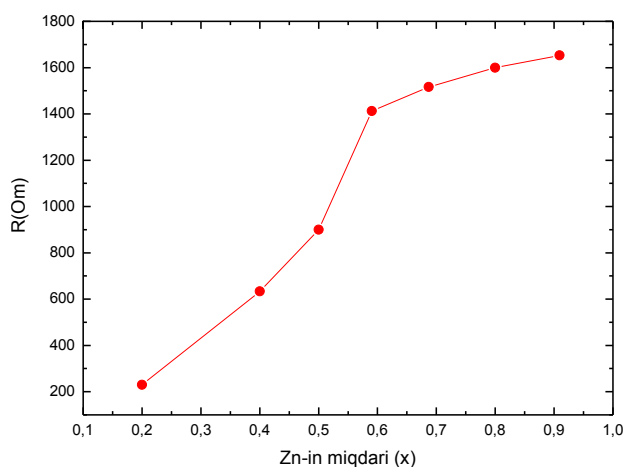
Eksperiment

Elektrik xassələrinin tədqiqi zamanı Mo altlıqlar (1 mm qalınlıqlı Mo folqalar) üzərində alınmış nazik təbəqələr istifadə edilmişdir. Mo çətin əriyən metallar qrupuna aid olduğundan yüksək temperaturalara qədər qızdırılma zamanı özünü inert material kimi aparır ki, bu da həm altlıq maddəsinin təbəqəyə diffuziyasının ehtimalını azaltmağa, həm texnoloji cəhətdən istənilən forma və ölçüdə nümunələri əldə etməyə, həm də onlardan omik elektrik kontaktı kimi istifadə etməyə imkan vermişdir. Elektrik xassələrinin tədqiqi zamanı çökdürülmə potensialının -0.8 V; -0.9 V; -1.2 V; -1.28 V və -1.35 V qiymətlərində alınmış 800 nm qalınlıqlı Cd_{1-x}Zn_xO (0.2≤x≤0.9) nazik təbəqələrindən istifadə edilmişdir. Nazik təbəqə tərəfdən omik elektrik kontaktı kimi, vakuumda buxarlanma üsulu ilə alınmış Ag kontaktları tətbiq edilmişdir. Qaranlıq müqavimətinin ölçülməsi zamanı ikikontaktlı üsuldan istifadə edilmişdir. Tədqiqatlar 300-500 K temperatur intervalında ≈ 0.3 sm² (3×10 mm) sahəyə malik nazik təbəqələrdə həyata keçirilmişdir.

$Cd_{1-x}Zn_xO$ ($x=0.1; 0.2; 0.3; 0.4$) nazik təbəqələri sulu məhluldan katod çökdürmə metodu ilə Mo altlıqları üzərində alınmışdır. Anod materialı kimi reaksiyada qrafit elektrodlardan istifadə edilmişdir. Reaksiya məhlulunun turşuluğu azot turşusunun əlavə edilməsi ilə idarə edilmişdir ($pH=3-5$). Çökdürülmədə $Zn(NO_3)_2+Cd(NO_3)_2+KNO_3+H_2O$ sulu məhlulundan istifadə edilmişdir. Çökdürülmə otaq temperaturunda və $70-80^\circ C$ temperaturda aparılmışdır.

Eksperimental nəticələr və onların izahı

Müəyyən olunmuşdur ki, tərkibdə Zn-in miqdarının $x=0.6$ -ya qədər artması ilə nazik təbəqələrin müqaviməti kəskin olaraq artır, lakin Zn-in sonrakı artımlarında ($0.6 \leq x \leq 0.9$) xüsusi müqavimət çox zəif dəyişir (şəkil 1). Nazik təbəqələrdə müqavimətin tərkibdən asılı olaraq bu cür dəyişməsinə donor/akseptor (N_d/N_a) konsentrasiyalarının nisbətindən qeyri-monoton dəyişməsi ilə izah etmək olar. Belə ki, bilavasitə çökdürülmədən sonra təbəqələrin səthində və həcmində reaksiyaya girməmiş nitrat duzları artıqlarının və səthə absorbsiya edən oksigenin miqdarı təbəqələrin müqavimətinə bilavasitə təsir edir. Əlbəttə, təbəqələrin tərkibində Zn-in miqdarının artması ilə müqavimətin artması aydın prosesdir. Zn-in miqdarının $x=0.6$ -ya qədər qiymətlərində çökdürülmə potensialının optimal qiymətinin seçilməsinə baxmayaraq CdO-ZnO sistemində dominant rol məhz CdO oynayır. CdO-in ZnO-ə nisbətən o qədər də təkmil kristal quruluşa malik olmaması səthdə qeyri-stabil reaksiya məhsullarının artıqlığının qalmasına və oksigenin asanlıqla absorbsiyasına səbəb olur.



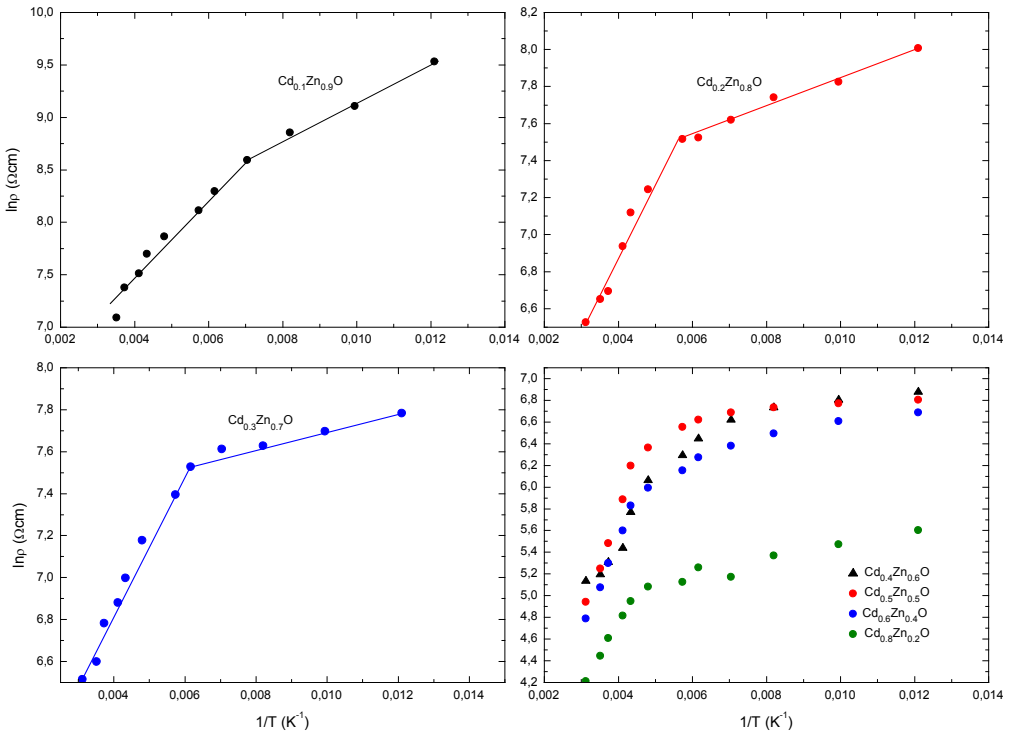
Şəkil 1. 2×2 mm ölçülü və 0.8 mkm qalınlıqlı $Cd_{1-x}Zn_xO$ təbəqələrinin müqavimətinin Zn-in konsentrasiyasından asılılığı

Katod çökdürülmə potensialının optimal -1.28 V qiymətində çökdürülmüş

müxtəlif tərkibli Cd_{1-x}Zn_xO təbəqələrinin xüsusi elektrik müqavimətinin yarımlöqarifmik miqyasda temperatur asılılıqları tədqiq edilmişdir. Şəkil 2-dən görüldüyü kimi, bütün tərkib təbəqələrdə qaranlıq müqavimətinin temperaturdan asılılıqları iki hissədən ibarət olub və eksponensial qanuna tabedir:

$$\rho_q(T) = \rho_0 \exp(E/kT) \quad (1)$$

Təbəqələrdə temperaturla əlaqədar olan fiziki və kimyəvi proseslərin baş verməməsi, digər sözlə, bu proseslərə uyğun aktivləşmə enerjilərini hesablamaq üçün tədqiqatlar maye azot temperaturundan başlayaraq otaq temperaturuna qədər aparılmışdır. Şəkildən görüldüyü kimi, $\ln\rho=f(1/T)$ asılılıqlarında kiçik temperaturalara (≤ 170 K) uyğun hissələrin meyili bütün tərkib təbəqələr üçün (təbəqənin vahid həndəsi ölçüsü üçün) demək olar ki, eynidir. Bu hissəyə uyğun aktivləşmə enerjisinin qiyməti $E_1 = 0.28-0.31$ eV təşkil edir ki, bu da metal hidroksidlərinə və oksigenin desorbsiyasına uyğun olan enerjidir. Elmi ədəbiyyatda oksigen üçün aktivləşmə enerjisinin qiyməti 0.11-0.19 eV müəyyən edilir. Bizim tədqiqatlarda alınan qiymətin nisbətən böyük olması həm metal hidroksidlərinin, həm də oksigenin eyni anda desorbsiyası ilə əlaqədar ola bilər. Yəni metal hidroksidləri üçün aktivləşmə enerjisi 0.12-0.14 eV təşkil edir.



Şəkil 2. Bilavasitə çökdürülmədən sonra Cd_{1-x}Zn_xO təbəqələrinin xüsusi elektrik müqavimətinin temperatur asılılıqları

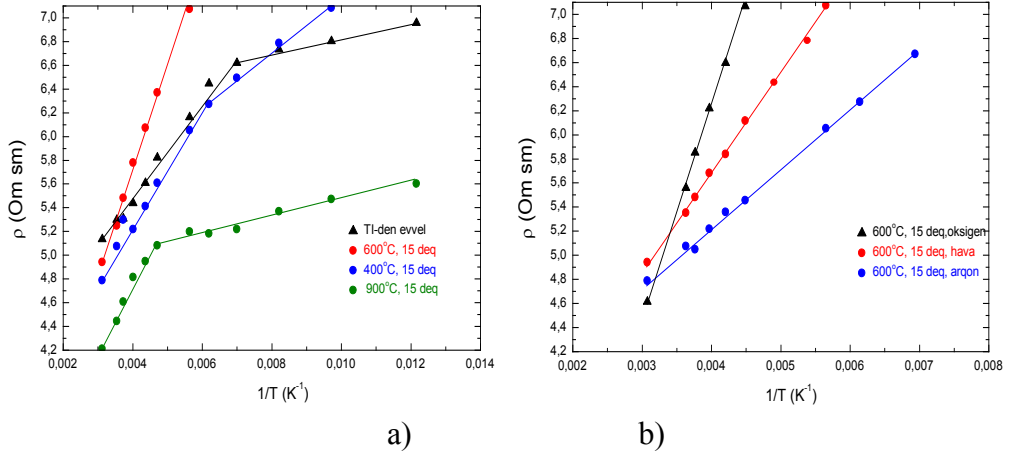
Şəkildən görüldüyü kimi, nisbətən yuxarı temperaturlarda qrafiklərin meyilləri təbəqələrin tərkibinin dəyişməsi ilə fərqlənir (cədvəl 1). Tərkibdə Zn-in konsentrasiyasının $x=0.6$ -ya qədər artması ilə aktivləşmə enerjisinin qiyməti azalır və daha böyük konsentrasiyalarda demək olar ki, sabit qalır. Bu fakt bir daha Zn-in yüksək konsentrasiyalarında nazik təbəqələrin səthində metal hidrokisidlərinin və reaksiyaya girməmiş metal artıqlıqlarının konsentrasiyasının az olmasına dəlalət edir. Ümumi halda, qaranlıq müqavimətinin aktivləşmə xüsusiyyətinə malik olması elektrokimyəvi çökdürülmə üsulu ilə alınmış $Cd_{1-x}Zn_xO$ təbəqələrinin yarımkeçirici xüsusiyyətinə malik olmasını bir daha təsdiq edir.

Cədvəl 1

Nümunələr	E_1 (eV)	E_2 (eV)
$Cd_{0.8}Zn_{0.2}O$	0.28	0.092
$Cd_{0.6}Zn_{0.4}O$	0.286	0.084
$Cd_{0.5}Zn_{0.5}O$	0.292	0.064
$Cd_{0.4}Zn_{0.6}O$	0.298	0.059
$Cd_{0.3}Zn_{0.7}O$	0.301	0.054
$Cd_{0.1}Zn_{0.9}O$	0.311	0.055

Termik işlənmə zamanı nazik təbəqələrin elektrik parametrləri kəskin olaraq dəyişir. Belə ki, təbəqələrin xüsusi elektrik müqavimətinin temperatur asılılıq qrafiklərindəki metal-hidrokisidləri və metal artıqlıqları ilə əlaqədar olan meyillər (E_1) idarə oluna bilir. Onu da qeyd edək ki, bu meyillər termik işlənmənin mühitindən asılı olmadığı halda, ikinci tip meyillərə uyğun aktivləşmə enerjisi (E_2) mühitin növündən kəskin asılıdır. Şəkil 3a-da $Cd_{0.4}Zn_{0.6}O$ nazik təbəqələrinin havada termik işlənmədən sonra və 3b-də isə hava, oksigen və arqon mühitlərində optimal rejimdə termik işlənmədən sonra xüsusi müqavimətinin temperaturdan asılılıqları təsvir edilmişdir. Şəkil 3a-dan görüldüyü kimi, açıq havada termik işlənmə temperaturunun artması ilə səthdəki metal-hidrokisid artıqlıqlarının və oksigenin desorbsiyası nəticəsində E_2 -yə uyğun hissələr demək olar ki, itir və təbəqələrin qaranlıq müqavimətinə uyğun aktivləşmə enerjisi nəzərəcarpacaq dərəcədə artır. Açıq havada $600^\circ C$ temperaturda 15 dəqiqə ərzində termik işlənmədən sonra $\ln\rho=f(1/T)$ asılılıq qrafiklərində yalnız bir meyilli hissələr müşahidə edilir. Bu fakt termik işlənmədən sonra həm defektlərin konsentrasiyasının azalması, həm də təbəqələrin rekrustallizasiyası nəticəsində kristal quruluşlarının təkmilləşməsini və elektrik parametrlərinin yaxşılaşmasını təsdiqləyir. Şəkildən görüldüyü kimi, daha yuxarı temperaturlarda termik işlənmə zamanı birinci hissənin meyli azalır və yenidən ikinci bir hissə əmələ gəlir. Fikrimizcə, bu hissə səthdən tamamilə desorbsiya etməmiş oksigenin səthin qırıq rabitəli hissələrində daha

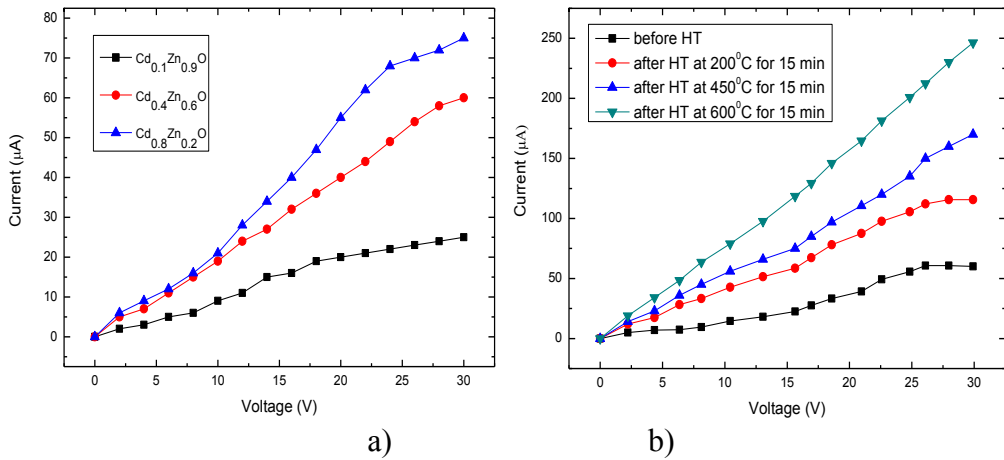
mürəkkəb $(V_{Cd} - Cd_i)^+$ və ya $(V_{Zn} - Zn_i)^+$ kompleks vakansiyalarının yaranmasına səbəb olur. Bu vakansiyalar özlərini akseptor mərkəzləri kimi apararaq həcmdən elektronları özlərinə birləşdirir və nəticədə, təbəqələrin elektrik parametrlərinin yenidən pisləşmələrinə səbəb olur. Qeyd edək ki, səthdəki bu cür qırıq rabitələrin bərpa olunması termik işlənmə mühitinin seçilməsindən kəskin asılıdır. Şəkil 3b-dən görüldüyü kimi, eyni bir rejimdə (600°C, 15 dəq) açıq havada, oksigendə və argonda termik işlənmədən sonra nazik təbəqələrin elektrik müqavimətinin temperaturdan asılılığına uyğun aktivləşmə enerjisinin qiyməti fərqli olur. Müəyyən olunmuşdur ki, oksigen mühitində termik işlənmədən sonra nazik təbəqələr daha stabil və yaxşı elektrik parametrləri nümayiş etdirir.



Şəkil 3. Açıq havada (a) və eyni bir optimal rejimdə hava, oksigen və argon mühitlərində (b) termik işlənmədən sonra Cd_{0.4}Zn_{0.6}O nazik təbəqələrinin xüsusi müqavimətinin temperatur asılıqları

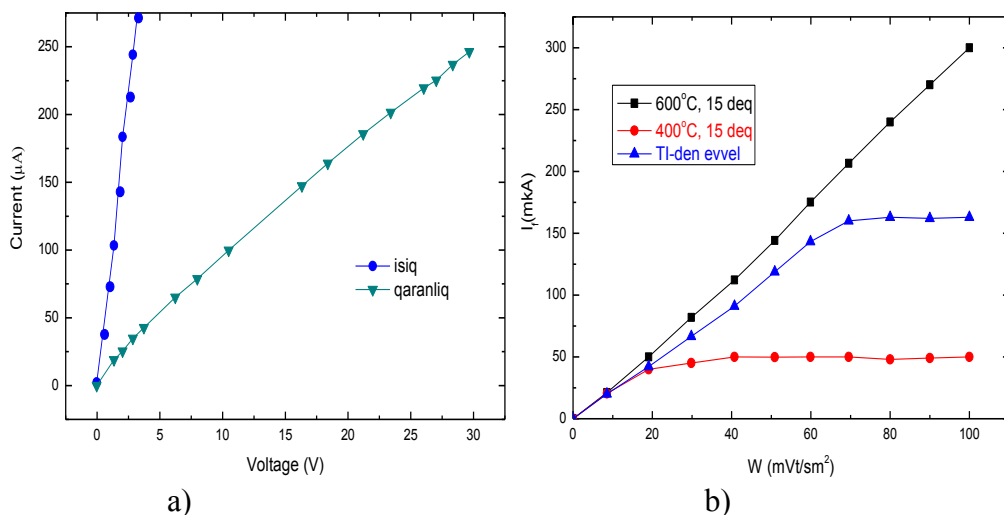
Müəyyən olunmuşdur ki, bilavasitə çökdürülmədən sonra nazik təbəqələrin volt-ampere xarakteristikası (VAX) bir neçə $I \sim U^m$ şəklində üstlü qanuna və eksponensial qanuna tabe olan hissədən ibarət olmaqla mürəkkəb xarakterə malikdir və tərkibdən asılı olaraq üstlü funksiyanın dərəcəsi (m) dəyişir (şəkil 4a). Belə ki, $x \leq 0.6$ tərkibli nazik təbəqələrdə gərginliyin nisbətən kiçik ($U < 4$ V) qiymətlərində əsasən eksponensial hissə, daha yuxarı gərginliklərdə isə subxətti ($m < 1$) hissələr müşahidə olunur. Qrafiklərdə subxətti hissələrin müşahidə olunması həmin tərkibli nazik təbəqələrdə səthdəki defektlərlə əlaqədar olan rekombinasiya aktlarının böyük olmasına dəlalət edir. Tərkibdə Zn-in konsentrasiyasının artması ilə eksponensial hissə demək olar ki, yox olaraq xətti qanunla əvəz olunur ($m=1$). Bu da tərkibin dəyişməsi ilə səthdəki defektlərin konsentrasiyasının azalmasını bir daha təsdiqləyir.

Müəyyən olunmuşdur ki, nazik təbəqələrin VAX-nın xarakteri təbəqələrin tərkibindən asılı olmaqla bərabər, Tİ rejimindən qeyri-monoton asılıdır (şəkil 4b). Belə ki, oksigen mühitində 300-400⁰C temperaturda 15 dəqiqə ərzində Tİ-dən sonra VAX-ın qeyri-xətti hissələri sırf xətti hissələrlə əvəz olunur. 600⁰C temperaturda 15 dəqiqə ərzində Tİ-dən sonra VAX-da yalnız xətti hissələr müşahidə olunur. Bu rejimdə termik işlənmədən sonra nazik təbəqələr nəzərəcarpacaq dərəcədə fotohəssaslıq nümayiş etdirir. Belə ki, təbəqələrin $W=100 \text{ mVt/sm}^2$ işıqlanmada VAX-ı xətti qanuna tabe olur ki, bu da onlardan yaxın UB-oblastda stabil parametrlərə malik fotorezistorlar kimi tətbiq etməyə imkan verir (şəkil 5a).



Şəkil 4. Bilavasitə çökdürülmədən sonra müxtəlif tərkibli $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{O}$ (a) və oksigen mühitində müxtəlif rejimlərdə Tİ-dən sonra $\text{Cd}_{0.4}\text{Zn}_{0.6}\text{O}$ nazik təbəqələrinin qaranlıq VAX-ı

Səthdə özlərini akseptor mərkəzləri kimi apan metal-hidroksid defektləri özlərini təbəqələrin lüks-ampər xarakteristikalarında da göstərir (şəkil 5b). Belə ki, termik işlənmədən əvvəl təbəqələr yalnız kiçik işıqlanmalarda xətti ($W \leq 20 \text{ mVt/sm}^2$), nisbətən yüksək intensivliklərdə isə subxətti hissələr nümayiş etdirir ki, bu da səth rekombinasiyalarının üstünlük təşkil etməsini bir daha təsdiqləyir. Lakin optimal rejimdə Tİ-dən sonra təbəqələr geniş işıq intensivliklərində yalnız xətti qanun nümayiş etdirir. Oksigen mühitində 600⁰C temperaturda 15 dəqiqə ərzində Tİ-dən sonra $W=100 \text{ mVt/sm}^2$ işıqlanmada təbəqələrdə işıq və qaranlıq cərəyanlarının nisbəti tərkibdən asılı olaraq $I_f/I_q=20-90$ təşkil etmişdir.



Şəkil 5a. Oksigen mühitində 600⁰C temperaturda 15 dəqiqə ərzində Tİ-dən sonra Cd_{0.4}Zn_{0.6}O nazik təbəqələrinin qaranlıq və W=100 mVt/sm² işıqlanmada VAX-1 (a) və Cd_{0.4}Zn_{0.6}O nazik təbəqələrinin bilavasitə çökdürülmədən sonra və müxtəlif rejimlərdə oksigen mühitində Tİ-dən sonra LAX-1 (b)

Nəticə

Sulu məhluldan elektrokimyəvi üsulla alınmış Cd_{1-x}Zn_xO nazik təbəqələrinin elektrik və fotoelektrik parametrləri texnoloji və termik işlənmə rejimləri ilə məqsədyönlü olaraq idarə edilə bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. Bhavana G., Nitu B., Shyambihari Sh., Deepti J., Vganesan G. Materials Sciences and Applications, 2011, v.2, pp.643-648
2. Xueqiong Su., Li W., Jiangbo Ch., Xiaojing W., Ping Zh.Xin. J. Phys. D:Appl.Phys., 2011, v.44, pp.265-267
3. Yang Z, Li L., Kong J.Y. and Liu J.L. Applied Physics Letters, 2009, v.95, pp.232-238
4. Vigneshwaran M., Chandiramouli R., Jeyaprakash B.G. and Balamurugan D. Journal of Applied Sciences, 2012, v.12, pp.1754-1757
5. Gokul P. Matheswaran, Sathyamoorthy R. J. Mater. Sci. Technol., 2013, v.29, №1, pp.17-21
6. Floresa G. A., P'erezb B.V', Rodriguez A.P., Garciaa M.V., T'elleza S.C, Guzman J.A., Falconyc C., and Frutisa M.A. "Electrical and structural characteristics of spray deposited (ZnO)_x(CdO)_{1-x} thin films"// Rev. Mex. Fis., 2013, v.59, pp.403-410
7. Мамедов Г.М., Мамедова В.Дж. Электрические свойства Cd_{1-x}Zn_xO, электро-химически осажденных из растворов STAR-NET / Magistrantların

- və gənc tədqiqatçıların “Fizika və astronomiya problemləri” Beynəlxalq Elmi konfransının materialları, BDU, 24-25 may, Bakı, 2018, s.168-172
8. *Makhniy V.P., Khusnutdinov S.V., Gorley V.V.* Electrical Properties of Anisotype ZnO/ZnSe Heterojunctions // *Acta Phys. Polon. A*, 2009, v.116, №5, pp.859-861
 9. *Mamedov H.M., Kordas K., Mamedov V.U., Mamedova V.J., Ahmedova Kh.M., Khanmamedova E.A.* Effect of composition and heat treatment regimes on the electrical parameters of Cd_{1-x}Zn_xO films // *BSU Publication Journal of Low Dimensional Systems*, 2018, v.2, №1, pp.28-31
 10. *Elias J., Tena-Zaera R. and Lévy-Clément C.* Electrodeposition of ZnO nanowires with controlled dimensions for photovoltaic applications: Role of buffer layer // *Thin Solid Films*, 2007, v.515, pp.8553-8557

UOT 612

N.İ.Musayev
Azərbaycan Tibb Universiteti
fizikaelmi@gmail.com

İNSANLARDA METABOLİZMİN (MADDƏLƏR MÜBADİLƏSİNİN) SÜRƏTİ

Açar sözlər: *orqanizm, mübadilə, enerji, sistem, tənzimləmə, canlı, sürət, istilik*

Məqalə qomeostazi (orqanizmin stasionar halını) saxlamaqda maddələr mübadiləsinin roluna həsr olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, canlı orqanizmlərin stasionar halı metabolizmin (maddələr mübadiləsinin) hesabına təmin edilir. Orqanizmdə baş verən fiziki və kimyəvi proseslər dönməyən proseslərdir və onlar sərbəst enerjinin azalması və entropiyanın artmasına gətirir. Orqanizmdə baş verən autotənzimləmə mexanizmləri və maddələr mübadiləsi isə sərbəst enerjinin və entropiyanın normada olmasını təmin edir. Ona görə də canlı orqanizmlərdə maddələr mübadiləsi arası kəsilmədən, vaxtında və müəyyən ardıcılıqla təmin edilməlidir.

Н.И.Мусаев

СКОРОСТЬ МЕТАБОЛИЗМА (ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ) У ЛЮДЕЙ

Ключевые слова: *организм, обмен, энергия, система, регулирование, живой, скорость, тепло*

Статья посвящена роли обмена веществ в сохранении гомеостаза (стационарного состояния организма). Было определено, что стационарное состояние организма обеспечивается за счет метаболизма (обмена веществ). Физические и химические процессы, происходящие в организме, являются необратимыми, и, они приводят к уменьшению свободной энергии и увеличению энтропии. Процессы авторегулирования и обмен веществ напротив, приводят к нормализации свободной энергии и энтропии. Поэтому в живом организме обмен веществ должен происходить бесперебойно, вовремя и в определенном режиме.

N.İ.Musayev

THE SPEED OF METHABOLISM (EXCHANGE OF SUBSTANCES) IN HUMANS

Keywords: *organism, exchange, energy, system, regulation, living, speed, heat*

The article is about the role of methabolism in maintaining homeostasis (the stable condition of a body). It was determined that the stable condition of body is ensure by metahbolism. Physical and chemical porcesses, taking place in a body are irreversible and

lead to the decrease of a free energy and increa of entrophy. Autoregulation mechanisms and methabolism, in contrary, bring free energy and entrophy to normal values. That is why the mathabolism in a living body should be a continous, timely process taking place in a certain way.

Açıq termodinamik sistem olan canlı orqanizm üzvi aləmin, özünütənzimləyən, özünütəzələyən xarici aləmin istənilən dəyişməsinə bir tam kimi reaksiya verən və müstəqil fəaliyyət göstərən vahid bir sistemdir. Orqanizm ancaq onu əhatə edən mühitlə qarşılıqlı təsirdə olmaqla mövcud ola bilər və bu qarşılıqlı təsir vasitəsilə də özünü təzələyir və tənzimləyir. İ.M. Seçenovun qeyd etdiyi kimi, “orqanizm onun varlığını təmin edən xarici mühitsiz mövcud ola bilməz”.

Hər bir orqanizm üçün xarakterik xüsusiyyət onun müəyyən nizamlı quruluşa malik olmasıdır. Bu nizamlı quruluş müxtəlif orqanizmlərdə müxtəlif formada təzahür edir. Ən sadə orqanizmlərdə – viruslarda nizamlı quruluş onları təşkil edən zülal və nuklein turşusu molekulalarında özünü göstərir. Burada ancaq molekulyar səviyyədə nizamlı quruluştan söhbət gedə bilər. Daha yüksək səviyyəli nizamlı quruluşa malik olan birhüceyrəli orqanizmlər, məsələn, paramesiya daha mürəkkəb nizamlı quruluşla xarakterizə olunur: hüceyrə daxilində nüvə, mitoxondriya, xarici və daxili protoplazmatik membranlar, vakuollar təbəqələşirlər. Burada artıq molekulyar səviyyədə nizamlı quruluştan daha üstün olan hüceyrə səviyyəli nizamlı quruluş mövcuddur, hansılarda ki, eyni funksiyaya malik müxtəlif hüceyrədaxili elementlərin təbəqələşməsi (qruplaşması) baş verir və hər bir qruplaşma müəyyən bir funksiyanı yerinə yetirir. Məsələn, hərəkətdirici funksiya, təqəllüs etmə xüsusiyyətinə malik fibrillər, qamçıciqlar (tel şəkillilər) və kiprikciklər vasitəsilə, həzm və ifrazat funksiyası vakuollar vasitəsilə və i. a. yerinə yetirilir.

Çoxhüceyrəli orqanizmlərdə onların evalyusion inkişafı prosesində eyni ölçüdə, formada, quruluşda və eyni funksiyanı yerinə yetirməkdə formalaşan hüceyrələrin qruplaşması baş verir. Belə təbəqələşən hüceyrələr toxumaları əmələ gətirir. Bunların xarakterik xüsusiyyətləri onların quruluşca birləşmələrində, morfoloji və funksional eyniliyində və hüceyrələrin qarşılıqlı təsirində özünü göstərir. Müxtəlif toxumalar özlərinin funksiyaları əsasında təbəqələşirlər (ixtisaslaşırlar), yəni həyat fəaliyyətinin (yaşamanın) müxtəlif proseslərini yerinə yetirməyə yönəldirlər. Belə ki, əzələ toxumaları hərəkətdirmə funksiyasını, vəzn toxumaları (öz hüceyrələri vasitəsilə) müəyyən kimyəvi birləşmələri (hormonlar, fermentlər və s.) əmələgətirmə (törətmə) və ayırma prosesinə yönəldilirlər. Müəyyən bir prosesi həyata keçirməyə ixtisaslaşmış, yüksək dərəcədə qruplaşmış toxuma hüceyrələri eyni zamanda bütün hüceyrələr üçün vacib olan müəyyən funksiyaları: maddələr mübadiləsi, qidalanma, tənəffüs, ifrazat funksiyalarını da yerinə yetirirlər. Orqanizmin inkişafının müəyyən mərhələsində müxtəlif

toxumalardan təşkil olunmuş orqanlar əmələ gəlir. Orqanlar bütöv orqanizmin anatomik törəmələri olub, orqanizmin mürəkkəb funksiyalarını yerinə yetirən işçi aparatlarıdır.

Canlı orqanizmin əsas funksiyası maddə və enerji mübadiləsidir. Bu proses bütövlükdə maddə və enerji çevrilmələrində baş verən kimyəvi və fiziki dəyişmələrdən ibarət olub orqanizmdə və onun bütün elementlərində daim və arası kəsilmədən baş verir. Maddə mübadiləsi və ya metabolizm həyat üçün vacib olan əsas şərtidir. O, canlıları cansızlardan, canlı şəkildə mövcud olan aləmi, qeyri-üzvi aləmdən fərqləndirir. Maddə dəyişikliyi və enerji çevrilmələri qeyri-üzvi aləmdə də baş verir. Lakin canlı orqanizmlərdə və qeyri-üzvi aləmdə baş verən belə proseslər arasında prinsipial fərqlər mövcuddur. Bu fərqlərin mahiyyətini F.Engels "Təbiətin dialektika"sında belə formalaşdırmışdır: "Qeyri-üzvi cisimlərdə də analogi maddə mübadiləsi baş verir, hansı ki, faktiki olaraq hər yerdə baş verir, çünki hər yerdə çox yavaş da olsa kimyəvi təsirlər baş verir. Lakin fərq ondan ibarətdir ki, qeyri-üzvi cisimlərdə belə mübadilə onları dağıdır, parçalayır, canlı cisimlər olan halda isə, o, onların yaşaması – mövcudluğu üçün vacib, lazımlı şərt sayılır". Yaşamaq, mövcud olmaq, fəaliyyət göstərmək o vaxta qədər mümkündür ki, nə vaxta qədər ki, maddələr mübadiləsi onları mühafizə edir və onların özlərini təzələməsinə təmin edir. Maddə mübadiləsinin kəsilməsinin nəticəsi ölüm, protoplazmanın dağılması və onun üçün xarakterik olan kimyəvi birləşmələrin, birinci növbədə zülali birləşmələrin parçalanmasıdır.

Maddələr mübadiləsi ilə bütün başqa fizioloji funksiyalar istər böyümə, inkişaf, çoxalma, qidalanma və həzm, tənəffüs, hərəkət və ətraf mühit maddələrinin dəyişməsinə reaksiya vermək və i. a. bağlıdırlar. İstənilən fizioloji funksiyaların əsasını müəyyən maddə mübadiləsi və enerji çevrilmələrinin toplusu təşkil edir. Bu, eyni dərəcədə bütün hüceyrə, toxuma, orqan və bütöv orqanizmlərin funksiyalarına da aiddir.

Açıq termodinamik sistemlərin stasionar halında (qomeostaz) sistemin müxtəlif hissələrində sistemi xarakterizə edən parametrlərin qiymətləri bir-birindən fərqlənir: məsələn, istiqanlı canlılarda bədənin müxtəlif hissələrində temperatur, sitoplazmatik membranın müxtəlif tərəflərində diffuziya edən hissəciklərin konsentrasiyası və s. müxtəlif qiymətlərə malikdir. Bu səbəbdən belə sistemlərdə sistemi xarakterizə edən bəzi parametrlərin qradientləri əmələ gəlir və bu qradientlərin qiymətləri zaman keçdikcə sabit saxlanılır. Belə sistemlərdə kimyəvi reaksiyalar da sabit sürətlə baş verir. Sistemin stasionar halı xaricdən sistemə və sistemdən xaricə keçən maddə və enerji selinin dəyişməsi hesabına təmin edilir.

Təcrid olunmuş sistemlərdə isə müəyyən vaxt keçdikdən sonra sistem termodinamik tarazlıq halına keçir. Termodinamik tarazlıq halında da stasionar halda olduğu kimi, sistemin parametrləri zaman keçdikcə dəyişməz qalır, lakin stasionar haldan fərqli olaraq bu parametrlərin qiymətləri sistemin müxtəlif nöqtələrində biri-birinə bərabər olur və qradientlər olmur. Qapalı termodinamik

sistemlərdə ancaq enerjinin səpələnməsi və sərbəst enerjinin azalması ilə bağlı proseslər baş verə bilər. Bu proseslər qradientlərin azalmasına, sistemin iş görmə qabiliyyətinin aşağı düşməsinə və son nəticədə termodinamik tarazlığın yaranmasına səbəb olur. Qeyd edilənlərin canlı sistemlərə tətbiqi isə o deməkdir ki, göstərilən proseslər canlı orqanizmləri letal vəziyyətə yaxınlaşdırmalıdır. Lakin bütün bunlar məsələnin ancaq zahiri görüntüsüdür və onunla izah olunur ki, klassik termodinamikanın qanunları ancaq təcrid olunmuş sistemlər üçün tətbiq edilmişdir, canlı orqanizmlər isə açıq termodinamik sistemlərdir və belə sistemlər ətraf mühitlə həm maddə, həm də enerji mübadiləsində olurlar. Açıq termodinamik sistemlərdə sərbəst enerjinin dF və entropiyanın dS ümumi dəyişmələri iki cəmdən ibarət olur: sərbəst enerjinin dF_i və entropiyanın dS_i dəyişmələri sistem daxilində baş verən biokimyəvi və biofiziki proseslərin getməsi ilə, sərbəst enerjinin dF_e və entropiyanın dS_e dəyişmələri isə sistemin ətraf mühit maddələri ilə qarşılıqlı təsiri (maddə və enerji mübadiləsi) nəticəsində baş verən dəyişmələridir:

$$dF = dF_i + dF_e \quad (1)$$

$$dS = dS_i + dS_e \quad (2)$$

Orqanizmlərdə bütün biokimyəvi və biofiziki proseslər dönməyən proseslərdir və onlar enerjinin bir hissəsinin istiliyə çevrilməsi ilə baş verirlər. Nəticədə, sistemin sərbəst enerjisi arası kəsilmədən azalır, entropiyası isə arası kəsilmədən artır, yəni: $dF_i < 0$, $dS_i > 0$. Lakin canlı orqanizmlər ətraf mühitlə maddə və enerji mübadiləsində olduqları üçün, onlarda sərbəst enerjinin artmasına səbəb olan əksqradient prosesləri də baş verir: məsələn, maddələrin konsentrasiya qradientinin əksi istiqamətində transportu, müxtəlif yüksək molekullu birləşmələrin sintezi. Belə əksqradient prosesləri lokal, yəni yerli xarakter daşıyır, qradientlərin əmələgəlmə prosesləri ilə əlaqəli və onlarla eyni zamanda baş verir. Məsələn, orqanizmlərdə sərbəst enerji ehtiyatının əmələ gəlməsinə səbəb olan aktiv transportlar əksqradient prosesləridir. Əgər orqanizm ətraf mühit maddələri ilə maddə və enerji mübadiləsində olmasaydı, onda, o, mütləq termodinamik tarazlıq halına yaxınlaşardı. Lakin bu baş vermir, belə ki, açıq termodinamik sistemlərin sərbəst enerjisi, arası kəsilmədən xaricdən sistemə daxil olan qida maddələrinin enerjisi hesabına bərpa olunur, orqanizm daxilində hasil olan müsbət entropiya isə orqanizmdən xaric edilən maddələr vasitəsilə tıfəd (metabolizm) sürəti, həmin orqanizmlərin həyat tərzinə, onların parametrlərinə uyğun olmalı və onların mövcudluğunu təmin etməlidir. Orqanizmlərin xarakteristikaları və funksiyaları onların ölçülərinə uyğun olur. Dovşan filin ölçüsünə qədər böyüdülmüş olarsa, o, yaşaya bilməz. Elə, insanların özləri də, siçan ölçüsündə olardırsa, onlar öz funksiyalarını yerinə yetirə bilməzdilər.

Orqanizmin bioloji xassəsi kifayət dərəcədə onun formasından, səthinin sahəsindən və həcmindən asılıdır. Düzgün həndəsi formaya malik cisimlər üçün bu

asılılığı müəyyən etmək nisbətən asandır. Bunu ümumi şəkildə bütün cisimlərə tətbiq etmək üçün obyektin xarakteristik uzunluğu L deyilən anlayışdan istifadə edilir. Kub üçün xarakteristik uzunluq onun tilinin uzunluğu, sfera üçün onun radiusudur. Bildiyimiz kimi, səthin sahəsi $\sim L^2$, həcm $\sim L^3$ ilə təyin edilir. Bundan əlavə əgər cisim bərabər paylanmış sıxlığa malikdirsə, onda onun kütləsi də xarakteristik uzunluğun kubu ilə mütənasibdir. Müəyyən edilmişdir ki, canlıların ətraf mühitə istilik vermə qabiliyyəti L^2 , kütləsi m isə L^3 ilə mütənasibdir. Onda yaza bilərik ki, $m \sim L^3$ və ya $m^{1/3} \sim L$. Ona görə də:

$$(\text{istilik vermənin sürəti}) \sim L^2 = (m^{1/3})^2 = m^{2/3}.$$

Beləliklə, istənilən canlının ətraf mühitə istilik vermə qabiliyyəti onun kütləsinin 0,67 dərəcəsi ilə mütənasib olacaqdır.

Qeyd etmək lazımdır ki, canlılarda metabolizmin sürəti oksigenin qana daxilolma sürəti ilə tənzimlənir. Digər tərəfdən, oksigenin qana daxilolma sürəti, ciyərlərin həcmi V və tənəffüs tezliyi ilə mütənasibdir. Ona görə də,

(istilik vermənin sürəti) \sim (ciyərlərin həcmi) \times (tənəffüs tezliyi)
asılılığı ilə təyin edilirə

Ciyərlərin həcmi isə canlıların ölçüsü (və ya kütləsi) ilə mütənasibdir: $V \sim m$.

Ona görə də:

$$(\text{tənəffüs tezliyi}) \sim \frac{(\text{istiliyin ayrılma sürəti})}{(\text{ciyərlərin həcmi})} \sim \frac{m^{0,75}}{m} = m^{-0,25}.$$

Tədqiqatlar göstərir ki, doğrudan da tənəffüs tezliyi, eləcə də ürək döyüntüləri kütlədə göstərilən qaydada asılıdır.

Həyat fəaliyyətini təmin etmək üçün orta ölçülərə malik insanın sutkalıq qida sərfiyyatı 3000 kkal enerji hasil edə bilən qiymətə bərabər olmalıdır. Lakin bu, qida məhsullarının orqanizm tərəfindən necə istifadə edilməsi, onun aktivlik dərəcəsindən asılıdır. Bəzi tipik situasiyalar üçün analoji sərfiyyatın qiyməti cədvəl 1-də verilmişdir:

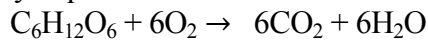
Cədvəl 1

Orqanizmin vəziyyəti	Metabolizmin sürəti	
	kkal/saat	Vt
Yuxu, istirahət	70	80
Aşağı aktivlik (Gəzinti, evdə iş görmə)	250	290
Orta aktivlik (velosipeddə yavaş getmə, yavaş üzmək)	450	520

Yüksək aktivlik (basketbolda yavaş gəzinti, odun yarmaq, maneələrlə qaçış)	600	700
Son dərəcə aktivlik: son dərəcə yüklənmə, hansına ki, adam 1 dəqiqə müddətində dözə bilər	700	810
son dərəcə yüklənmə, hansına ki, adam 10 saniyə müddətində dözə bilər	1200	1400

Mübadilə prosesində bədəndə ayrılan enerjinin ancaq az bir hissəsi faydalı işə sərf olunur. Bəzi fəaliyyət növlərində, məsələn, velosiped gəzintisində FİƏ 20%-ə çata bilər. Lakin bir gün üçün orta qiymət götürükdə, FİƏ bir neçə faizə enir. Demək olar ki, orqanizmə daxil olan qida məhsullarının bütün enerjisi istiliyə çevrilir.

Orqanizmin mübadilə prosesini təmin edən enerji yeyinti məhsullarında olan karbohidratların, yağların və zülali maddələrin oksidləşməsi nəticəsində ayrılır. Orqanizmi enerji ilə təmin edən kimyəvi reaksiyalar qlükozanın (C₆H₁₂O₆) karbon oksidə CO₂ və suya H₂O çevrilməsi nəticəsində ayrılır. Bu oksidləşmənin real silsilə reaksiyası kifayət qədər mürəkkəbdir. Lakin onun yekun nəticəsi



şəklində olacaqdır.

Oksidləşən hər bir qram qlükoza 3,8 kkal enerji verir. Başqa yeyinti məhsullarının istifadə olunan hər bir qramına başqa miqdarda enerji düşür. (Bəzi yağ məhsulları hər 1 q-a təxminən 10 kkal enerji verir). Əgər bu fərqi nəzərə almasaq, onda demək olar ki, istənilən yeyinti məhsulu oksidləşərkən hər litr istifadə olunan oksigen üçün ayrılan enerji bir-birinə uyğun gəlir.

Oksigen orqanizmə ciyərlər vasitəsilə daxil olduğu üçün (dəri vasitəsilə ancaq 2% oksigen absorbsiya olunur), oksigenin mənimsənmə sürəti və deməli, metabolizmin sürəti nəfəsalmanın (tənəffüsün) sürəti ilə tənzimlənir. Yuxu və istirahət zamanı tənəffüs zəif və səthi olur, intensiv iş gördükdə isə o, dərin və tez-tez baş verir, ona görə də oksigenlə təmin olunmağa ehtiyac artır.

Ciyərlərin orta həcmi təxminən 6 litrdir. Lakin adi tənəffüs zamanı onlar tam işləmir. Əslində sakit həyat tərzində zamanı ciyərlərə 0,5 litr oksigen daxil olur. Hava 80% azota və 20% oksigenə malikdir. Ona görə də hər bir nəfəsalma aktında 0,1 litr oksigen udulur. Lakin bu oksigenin hamısı orqanizmə tərəfindən istifadə olunmur. Ölçmələrdən məlum olmuşdur ki, orqanizmə udulan oksigenin ancaq 22%-ni istifadə edir. Sakit həyat tərzində zamanı nəfəsalmanın sürəti hər dəqiqədə 11 tənəffüsə bərabərdir. Deməli, **enerji ayrılmanın sürəti = 0,1 l/nəfəsalma. 11 tənəffüs/dəq. 60 dəq/saat x 5 kkal/l = 72,6 kkal/saat.**

Bu kəmiyyət cədvəl 1-də göstərilənlərə uyğundur.

Araşdırmalar göstərir ki, canlı orqanizmlərin müxtəlif həyat tərzində zamanı

metabolizmin sürəti ayrı-ayrılıqda müxtəlif qiymətlərə malik olmalıdır. Əgər bu tələb ödənilməzsə, orqanizmin həyat tərzini pozular, bəzən isə letal nəticələrə səbəb ola bilər. Məsələn, siçan hər gün özünün kütləsinin dördüdə biri qədər yemək qəbul etməlidir. Kiçik yereşən üç saatdan bir yemək yeməsə, aclıqdan ölür. Əksinə, nəhəng fil əks problemlə üzləşir. Filin istilik yaratma qabiliyyəti ona gətirib çıxarır ki, o, bədənindəki artıq istiliyi nəyin bahasına olursa-olsun ifraz etməlidir. Ona görə də fil bədənini nohurda soyutmaq üçün istənilən imkandan istifadə edir.

Problemin aktuallığı. Canlı orqanizmlərin həyat tərzinin araşdırılmasına həsr olunmuş istənilən tədqiqat işi aktual xarakter daşıyır.

Problemin elmi yeniliyi. İnsanlarda metabolizmin sürətinin araşdırılması və bu sahədə alınan istənilən müsbət nəticə elmi yenilikdir.

Məqalə tibbi təhsil müəssisələrinin tələbələri, praktik həkimlər və ümumiyyətlə, tibb işçiləri üçün praktik əhəmiyyətə malikdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Антонов В.Ф., Козлова Е.К., Черныш А.М. Физика и биофизика. М.: ГЕОТАР-Медиа, 2013, 469 с.
2. Губанов Н.И., Утепбергенов А.А. Медицинская биофизика. М.: Медицина, 1978, 335 с.
3. Мэрион Дж. Б. Общая физика с биологическими примерами. М.: Высшая школа, 1986, 623 с.
4. Musayev N.İ. Tibbi və bioloji fizikanın ixtisas fənləri ilə əlaqəli tədrisinin elmi-metodiki əsasları / Monoqrafiya. Bakı: Hüquq ədəbiyyatı, 2010, 509 s.
5. Musayev N.İ. Tibbi təhsil müəssisələrində fizika elminin tədrisinə verilən müasir tələblər // Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının məruzələri, Bakı, 2010, № 4, s.127-131

UOT 53

A.Ə.Nəbiyev

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

asaf.fizik@gmail.com

$Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$ SEQNETOELEKTRİK TƏBƏQƏLƏR ƏSASINDA ALINMIŞ METAL- DİELEKTRİK-YARIMKEÇİRİCİ (MDY) STRUKTURLARIN DİELEKTRİK XASSƏLƏRİ

Açar sözlər: metal-dielektrik-yarımkeçirici quruluşlar, dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsi, dielektrik itki bucağının tangensi

p- və n-tip silisium altlıqlar üzərində, (100) kristalloqrafik istiqamətdə oksigen mühitində yüksək tezlikli üfurmə metodu ilə çökdürülmüş $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$ seqnetoelektrik təbəqəsi əsasında alınmış MDY strukturun elektrofiziki xassələri $25 \div 10^6$ Hs tezlik diapazonunda tədqiq edilmişdir. 300-440 K temperatur intervalında dielektrik nüfuzluğunun həqiqi, xəyali hissələrinin və dielektrik itkisi bucağının tangensinin tezlikdən asılılığı araşdırılmışdır. 120-130° C temperatur intervalında dielektrik nüfuzluğunun anormal dəyişməsi, dielektrik itkisinin temperatur asılılığında lokal maksimumlar müşahidə olunur.

A.A.Набиев

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МДП СТРУКТУР НА ОСНОВЕ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЁНОК $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$

Ключевые слова: структуры металл-дielektrik-полупроводниковые структуры, действительные части диэлектрической проницаемости, тангенс угла диэлектрической проницаемости

Исследованы электрофизиологические свойства МДП структуры на основе сегнетоэлектрических плёнок $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$, осажденных на кремниевых подложках p- и n- типа методом высокочастотного распыления в кислородной среде в кристаллографическом направлении в диапазоне частот $25 \div 10^6$ Гц (100). Рассмотрены частотные температурные зависимости действительной части диэлектрической проницаемости и тангенс угла диэлектрических потерь в интервале температур 300-440 К. Обнаружены аномальные изменения диэлектрической проницаемости и локальные максимумы в температурной зависимости диэлектрических потерь в интервале температур 120-130° C.

A.A.Nabiyev

DIELECTRIC PROPERTIES OF MDS STRUCTURES BASED ON SEGNETOELECTRIC SHEETS Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO₃

Keywords: metal-dielectric-semiconductor structures, real parts of dielectric constant, angle tangent of dielectric constant

The electrophysiological properties of MDS structure based on the Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO₃ segnetoelectric sheets precipitated 25÷106 Hz on the p- and n-type silicon pallets, crystallographic direction (100). The actual dependence of the dielectric penetration on the temperature range 300-440 K, the frequency dependence of the imaginary parts and the tangent of the dielectric loss. Abnormal changes in dielectric penetration in the temperature range 120-130° C, local maximums in the temperature dependence of dielectric loss are observed.

Giriş

Seqnetoelektrik materiallar geniş xassələr spektrinə (dəyişdirilən dielektrik nüfuzluluğu, spontan polyarlaşmanın çevrilməsi, pyezo- və piroaktivlik), eləcə də elektro-optik effektlə malikdir.

Qeyd etmək lazımdır ki, integral mikroelektronikada seqnetoelektrik materialların praktik istifadəsi əhəmiyyətli dərəcədə onların nazik təbəqəli şəkildə yaradılma texnologiyasının səviyyəsi ilə təyin edilir. Ola bilər ki, məhz bu səbəbdən seqnetoelektrik materiallar əsasında uzunmüddətli enerjidən asılı olmayan yaddaşın geniş tətbiqi ləngiyir. Seqnetoelektrik metal-dielektrik-yarımkəçirici strukturlarında yaddaşın yaradılması prosessorun prinsipial olaraq yeni strukturuna, bu da öz növbəsində, kompüter texnikasında sıçrayışa gətirib çıxaracaqdır.

İnformasiyanın emalı və saxlanması qurğularının yeni nəslinin yaradılması üçün dielektrik qismində nanoölçülü seqnetoelektrik nazik təbəqə istifadə olunan heterostrukturlar böyük maraq kəsb edir.

Obyektlər və tədqiqat metodları

Tədqiqat obyektini kimi sintez edilmiş MDY strukturu p- və n-tip silisium altlıqlarından, seqnetoelektrik Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO₃ təbəqəsindən və üst nikel elektrodundan ibarətdir. Silisium altlığının (100) kristalloqrafik istiqamətdə qalınlığı 200±2 mkm təşkil edir. Seqnetoelektrik təbəqə silisium altlığında polikristallik hədəfə oksigen mühitində, Плазма-50 CƏ qurğusunda yüksək tezlikli üfurmə metodu ilə çökdürülmüşdür. Metodun texnologiyası [1] məqaləsində ətraflı şərh olunmuşdur. Nikel üst elektrod isə seqnetoelektrik təbəqəyə elektron metodu ilə qaynaq edilmişdir.

Kontaktın sahəsi $2,7 \times 10^{-4} \text{ sm}^2$, qalınlığı isə 0,1 mkm olmuşdur. p-tip silisium üzərində 3KДБ və 4KДБ, n-tip silisium üzərində 3KЭФ

və 4KƏΦ MDY strukturları yaradılmışdır. KДБ strukturların hopdurulma müddəti 15 dəqiqə, KƏΦ strukturlarının hopdurulma müddəti 20 dəqiqə olmuşdur.

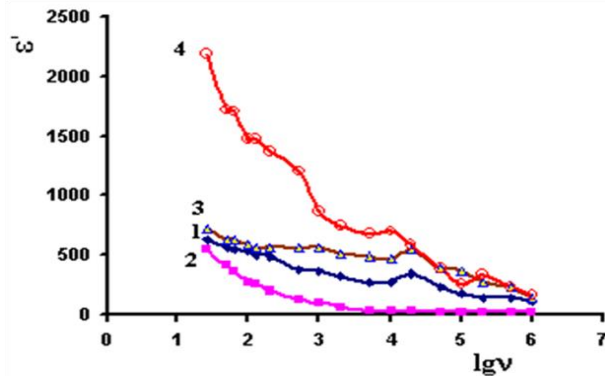
Seqnetoelektrik təbəqənin və SiO₂ təbəqələrinin qalınlığı müvafiq olaraq 450÷10 nm və 480÷10 nm olmuşdur. MDY strukturunun elektrofiziki xassələri 25-10⁶ Hs [2] tezlik diapazonunda E7-20 qurğusunda tədqiq edilmişdir. Təbəqənin dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsi U=1V gərginliyində, müstəvi kondensatorun $\epsilon' = C \cdot d / \epsilon_0 S$ düsturu vasitəsi ilə təyin edilir. Burada d-seqnetoelektrik təbəqənin qalınlığı, S-kontaktın sahəsidir. σ elektrik keçiriciliyi $\sigma = S/R \cdot d$ ifadəsindən tapılır. Burada R– nümunənin müqavimətidir.

Eksperimental nəticələr və onların müzakirəsi

1-ci və 2-ci şəkillərdə ϵ' və tg δ -nin tezlikdən asılılığı göstərilmişdir. 3KƏΦ nümunəsi üçün 25 Hs tezliyində $\epsilon' = 637$, 1MHs tezliyində isə $\epsilon' = 116$ (şəkil 1). Göründüyü kimi, fərq 521, nisbət isə $\sim 5,5$ dəfədir. 3KƏΦ nümunələri üçün dielektrik itkisinin bucağının tangensləri fərqi tg $\delta = 1,61$, nisbəti isə $\sim 4,8$ -dir. [3, 4] işlərində müəyyən edilmişdir ki, tg δ kəmiyyətinə müxtəlif səpilmə mexanizmləri təsir edir ki, onların təsiri İYT-qurğularının tədqiqində və hazırlanmasında nəzərə alınır. 1-ci və 2-ci şəkildə göstərilən relaksasiya maksimumları spontan polyarizasiya ilə izah oluna bilər [3, 4, 5]. ϵ' və tg δ üçün tezliyin artması ilə azalması xarakterikdir.

Dielektriklərin ən vacib elektrofiziki parametrlərindən biri də dielektrik itkisidir. Əksər hallarda onlar elektron cihazların işinə mənfi təsir göstərir. Bərk dielektriklər və yüksək müqavimətli yarımkeçiricilərdə dielektrik itkisi kristal quruluşdakı defektlərin təbiətindən asılıdır. Məlumdur ki, elektrik enerjisinin istiliyə çevrilməsinin əsas mexanizmlərindən biri elektrik keçiriciliyidir.

Dielektriklərdə enerji itkisi həm sabit, həm də dəyişən gərginliklərdə baş verir. Otaq temperaturunda dielektriklərdə sərbəst yükdaşıyıcıların konsentrasiyası nisbətən az olduğundan keçiricilik nəticəsində yaranan dielektrik itkisi hətta güclü sahələrdə belə zəif olur. Buna görə də itkilər əsasən dəyişən elektrik sahəsi təbiiq olunduqda polyarlaşma proseslərinin baş verməsi ilə müəyyən



Şəkil 1. Dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsinin (ϵ') tezlik asılılığı: 1-3KƏΦ, 2-3KДБ, 3- 4KƏΦ, 4-4KДБ

edilir. Dəyişən elektrik sahələrində relaksasiya növlü polyarlaşmanın həmişə elektrik enerjisinin səpilməsi, yəni müəyyən hissəsinin istilik enerjisinə çevrilməsi ilə müşayiət olunduğuna görə mahiyyətə dönməz proseslər sinfinə aid edilir.

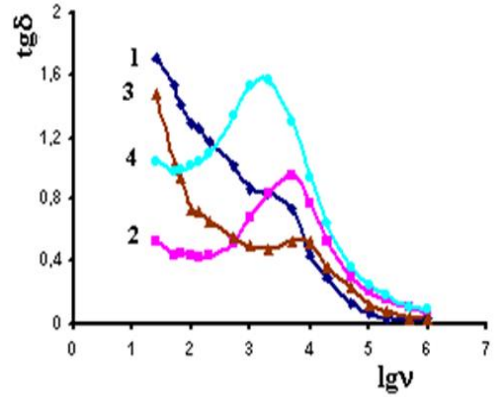
Dielektrik itkisinin tezlik asılılığı materialın vacib xüsusiyyətlərindən və yalnız materialın quruluşu ilə deyil, həm də aşqarların mövcudluğu və tərkibi ilə müəyyən edilir. Bir qayda olaraq, dielektrikin quruluşundan asılı olaraq bir və ya bir neçə tezlikdə maksimuma malikdir. Maksimumların tezlik oxundakı mövqeyi, polyarlaşmanın təbii tezlikləri ilə xarakterizə olunur. Bunlar dielektrikdə polyar molekullarının və ya seqnetoelektrikdə domenlərin dönməsi ilə əlaqələndirilə bilər.

Şəkil 2-də p-(n-)Si(100) altlıqları üzərində formalaşdırılmış, seqnetoelektrik $Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO_3$ nazik təbəqələrinin dielektrik itkisinin tangens bucağının (tgδ) dəyişən cərəyan tezliyindən asılılıq qrafiki göstərilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi, 1-3KƏΦ, 3-4KƏΦ nümunələrində tədqiq olunan temperaturlarda tezlik artdıqca tgδ – nin qiyməti monoton azalır, 2-3KДБ, 4-4KДБ nümunələrində isə $5 \cdot 10^3 \div 10^4$ Hz tezlik intervalında isə rezonans hadisəsi baş verir.

Məlumdur ki, yarımkeçirici və dielektriklərdə itki kristalın quruluşundan və defektlərin təbiətindən asılıdır. Defektlərin konsentrasiyası dielektrik itkisinin qiymətini əhəmiyyətli dərəcədə dəyişə bilər. Dielektriklərdə itki bucağının dəyişən elektrik sahəsinin tezliyindən asılılığını aydınlaşdırmaq üçün fərz edək ki, paralel birləşmə zamanı dielektrik C tutumuna malik kondensator və R aktiv müqavimətli naqıl ilə əvəz edilmişdir. Bu zaman itki bucağının tangensini aktiv və reaktiv cərəyan sıxlıqlarının nisbəti kimi ifadə etmək olar.

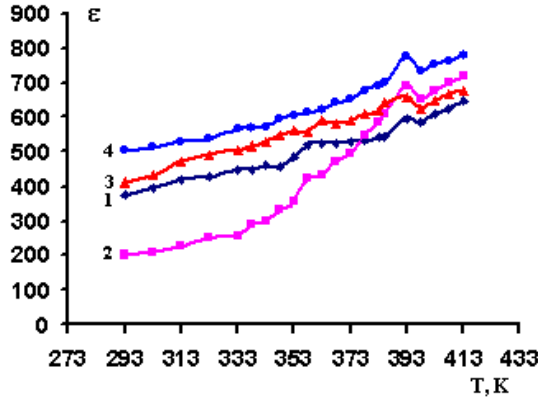
$Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO_3$ kristalları müxtəlif dielektrik döşəkcələr üzərində alınmışdır. Bunun üçün aşağıdakı kimi döşəkcələr seçilmişdir: 1- 3KƏΦ; 2- 3KДБ; 3- 4KƏΦ və 4- 4KДБ və hər birinin ayrılıqda $T= 300 - 440$ K temperatur intervalında dielektrik nüfuzluğu - ϵ' və dielektrik itkisi ölçülərək hesablanmışdır. Alınan nəticələr 1 və 2-ci şəkillərdə verilmişdir.

Adətən, nisbətən aşağı temperaturlarda (bizim halda otaq temperaturundan başlayaraq) temperaturun artımı ilə seqnetoelektriklərin dielektrik nüfuzluğunun artımı müşahidə olunur. Kuri nöqtəsi adlanan müəyyən



Şəkil 2. Dielektrik itki bucağının tangensinin tezlik asılılığı: 1-3KƏΦ, 2-3KДБ, 3-4KƏΦ, 4-4KДБ.

temperaturda seqnetoelektrikin kristal quruluşunda yenidənqurma baş verir və bu kristalın domen quruluşunun dağılması ilə müşayiət olunur.



Şəkil 3. Dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsinin (ϵ') temperatur asılılığı: 1-3KЭФ, 2-3KДБ, 3-4KЭФ, 4-4KДБ

3-cü şəkildə ϵ' -in temperatur asılılığı verilmişdir. Qrafiklərdən görüldüyü kimi, $T = 300 - 370$ K temperatur intervalında 2-ci təcrübə istisna olmaqla, 1-ci, 3 və 4-cü təcrübələrdə ϵ' -in qiyməti mütənasib artır. Digər tərəfdən $\epsilon' = f(T)$ qiymətlərində də artım müşahidə olunur. Dörd təcrübənin hər birində $T = 120 - 130$ K temperatur intervalında anormal dəyişmə müşahidə olunur. Çox ehtimal ki, bu nöqtədə müşahidə olunan zəif anormal dəyişmə Küri nöqtəsini xarakterizə edir.

Küri nöqtəsindən yuxarı temperaturlarda temperaturun artımı ilə dielektrik nüfuzluğu azalır, müəyyən temperaturdan sonra Küri temperaturundan 5-10 dərəcə yuxarı temperaturlarda, dielektrik nüfuzluğunun temperatur asılılığı təqribi olaraq

$$\epsilon = \frac{A}{T - \theta_K}$$

düsturu ilə ifadə olunur. Bu ifadəni aşağıdakı şəkildə də yazmaq olar:

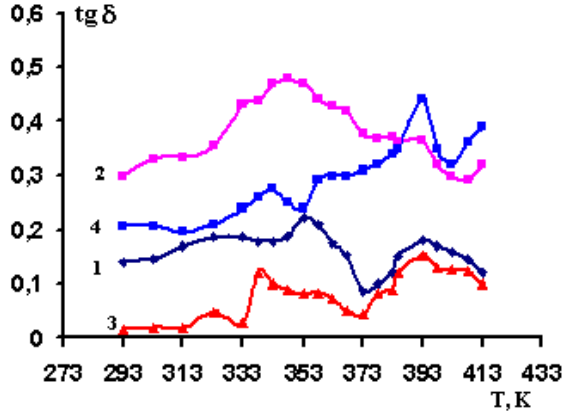
$$\frac{1}{\epsilon} = \frac{1}{A} \cdot T - \frac{\theta_1}{A}$$

Burada A və θ_1 sabit ədədlərdir, A -Küri-Veyss sabiti adlanır.

Təcrübələr göstərir ki, bu nöqtədə kristalda baş verən ion-dipol polyarizasiyalaşmanın relaksasiya müddəti kəskin dəyişir. Nəticədə qarışıq polyarizasiyalaşma: ion-dipol polyarizasiyalaşma ilə bərabər, qismən elektron – polyarizasiyalaşması da baş verir. Bu proseslərin relaksasiya müddətləri $\Delta T = 425 - 430 \approx 5^\circ$ K arasında baş verir.

Temperatur yalnız dielektrik nüfuzluğuna deyil, həm də dielektrik

itkisinə təsir göstərir. Dipol polyarlaşması dipolların istiqamətli düzülüşü ilə əlaqədar olduğundan nisbətən yüksək enerji itkisi ilə müşayiət olunur. Dielektrik itkisinin temperaturdan asılılığı ümumiyyətlə monoton olur, lakin bəzi polyar dielektriklərdə dielektrik itkisinin temperatur asılılığında lokal maksimumlar müşahidə olunur.



Şəkil 4. Dielektrik itki bucağının tangensinin temperatur asılılığı: 1-3KƏΦ, 2-3KДБ, 3-4KƏΦ, 4-4KДБ

4-cü şəkildə dielektrik itkisinin ($tg\delta$) temperatur asılılığı verilmişdir. Qrafiklərdən görüldüyü kimi, təcrübələrdən alınan qiymətlər, həm verilmiş temperaturda, həm də tədqiq etdiyimiz temperatur intervalında fərqlənir. Aparılan təcrübələrdən görüldüyü kimi, ən az dielektrik itkisi 1-ci nümunədə müşahidə olunur. Görüldüyü kimi, tədqiq etdiyimiz $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$ nümunəsi üçün 1-ci təcrübənin nəticələri üçün seçilmiş döşəkcə daha dayanıqlı və əlverişlidir.

Təcrübələrin analizi göstərir ki, $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$ tərkibi üçün daha optimal və uzunmüddətli dəmləmə rejimi seçməklə aparılarsa, müxtəlif temperaturlarda baş verən fluktiasiyaları qismən nizamlamaqla relaksasiya müddətini tənzimləmək mümkündür.

Nəticə

Küri nöqtəsində kristalda baş verən ion-dipol polyarizasiyalaşmanın relaksasiya müddəti kəskin dəyişir. Nəticədə qarışıq polyarizasiyalaşma: ion-dipol polyarizasiyalaşma ilə bərabər, qismən elektron polyarizasiyalaşması da baş verir. Bu proseslərin relaksasiya müddətləri $\Delta T = 425 - 430 \approx 5^\circ K$ arasında baş verir. 300-440 K temperatur intervalında dielektrik nüfuzluğunu həqiqi, xəyali hissələrinin və dielektrik itkisi bucağının tangensinin tezlikdən asılılığı araşdırılmışdır. 120-130° C temperatur intervalında dielektrik nüfuzluğunun anormal dəyişməsi, dielektrik itkisinin temperatur asılılığında lokal

maksimumlar müşahidə olunur.

ӘДӘБИYYAT

1. *Д.А.Киселев, М.С.Афанасьев, С.А. Левашов, Г.В.Чучева.* Кинетика роста индуцированных доменов в сегнетоэлектрических тонких пленках $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$. ФТТ, 2015, Т.57, вып. 6, с.1134-113
2. *Д.А.Голосов, С.М.Завадский, В.В.Колос, А.С.Турцевич.* Сегнетоэлектрические свойства пленок легированного ниобием танталата стронция-висмута. ФТТ, 2016, Т.58, вып.1, с.51-55
3. *Поплавко Ю.М., Переверзева Л.П., Раевский И.П.* Физика активных диэлектриков. Ростов н /Д: Изд-во ЮФУ, 2009, 480 с.
4. Физика сегнетоэлектриков: современный взгляд / под ред. К.М.Рабе, Ч.Г.Ана, Ж.М. Трискона. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015, 443 с.
5. *А.С.Сонин, Б.А.Струков.* Введение в сегнетоэлектричество. М., 1970, 438 с.

UOT 28.04

N.N.Salayeva, K.Ə.Əliyeva, E.M.Rəsulov

Lənkəran Dövlət Universiteti

Bakı Dövlət Universiteti

Ə.Əliyev adına Azərbaycan Dövlət Həkimləri Təkmilləşdirmə İnstitutu

narmin.salayeva.88@mail.ru

AUTOSOM-DOMİNANT İRSİYYƏT TIPLİ KARDİOMİOPATIYA DİAQNOZLU XƏSTƏDƏ TNNT2 GENİNİN MOLEKULAR TƏDQIQI

Açar sözlər: kardiomiopatiya, irsi xəstəlik, gen, missens mutasiya, TNNT2, fluorimetriya, DBS filtr kartları, mass-spektrofotometriya

Azərbaycan Respublikasında ilk dəfə olaraq kardiomiopatiya diaqnozlu xəstənin genetik analizi aparılmış, TNNT2 genin molekulyar-genetik diaqnostikasında MLPA MRC-Hollandiya istehsalı olan SALSA MLPA probemix P034-B2/p035-B1 nümunələrindən istifadə edilmişdir. Analiz məqsədilə fluorimetrik metoddan, maye xromatoqrafiyadan və mass-spektrometriyadan istifadə edilmişdir. Metodun istifadəsi ilə TNNT2 geninin daxilində mövcud mutasiyanı testləşdirmək mümkün olmuşdur. Xəstənin DBS filtr kartlarına hopdurulub qurudulmuş qan ləkələri səviyyəsində biokimyəvi və molekulyar-genetik metodlarının kompleks istifadəsi TNNT2 geninin 451-ci vəziyyətində qanın nukleotidi timinlə əvəzi (G-T), mutasiyası identifikasiya edilmişdir. Mutasiyanın nəticəsi olaraq biosintez olunan zülalın 151-ci vəziyyətində arginin aminurşusu triptofanla əvəz edilmişdir. TNNT2 genin irsiyyət tipinin autosom-dominant olduğunu nəzərə alsaq, autosom-resessiv heteroziqot irsiyyət formasından fərqli olaraq xəstəlik əsasən gizli deyil, xəstəliyin kliniki əlamətləri olur. Xəstədə aşkar olunmuş missens mutasiya (451, (G-T)) patoloji mutasiyalar qrupunun 1-ci sinfinə aid olduğundan heteroziqot vəziyyətdə belə patoloji sayılır və xəstəliyin klinikası izlənilir. Xəstəliyin profilaktikası məqsədilə kardioloji xəstələr və ailə üzvləri arasında TNNT2 geninin skrinqinin aparılması məsləhət görülür.

Н.Н.Салаева, К.А.Алиева, Э.М.Расулов

МОЛЕКУЛЯРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНА TNNT2 У БОЛЬНОГО С ДИАГНОЗОМ КАРДИОМИОПАТИЯ АУТОСОМНО-ДОМИНАНТНЫМ ТИПОМ НАСЛЕДОВАНИЯ

Ключевые слова: кардиомиопатия, наследственная болезнь, ген, миссенс мутация, TNNT2, флуориметрия, DBS карты, масс-спектрофотометрия

Впервые у пациента из Азербайджанской Республики с диагнозом кардиомиопатия идентифицирована мутация – замена нуклеотида гуанин на нуклеотид тимин в позиции 451 гена TNNT2 (451,G-T). Вследствие мутации произошла замена аминокислоты аргинин на триптофан в позиции 151 (151, Arg-

Trp). Для анализа использовали флуориметрический метод, жидкостную хроматографию и масс-спектрометрию. Используя метод, можно было проверить мутацию в гене TNNT2. Ген TNNT2 имеет аутосомно-доминантный наследственный тип наследования и, в отличие от аутосомно-рецессивного типа наследования, где гетерозиготные матери и рожденные гетерозиготные девочки не имеют клинику заболевания. В отличие от X-сцепленной рецессивной формы наследования, при X-сцепленном доминантном типе наследования все женщины гетерозиготы имеют все клинические признаки заболевания. Отсутствующие мутации, обнаруженные у пациента (451, (G-T)), относятся к первому классу патологических мутаций, а в этом случае гетерозиготный считается патологическим клиника заболевания прослеживается. Идентифицированная миссенс-мутация относится к группе патологических мутаций. С целью профилактики кардиомиопатий среди детей республики рекомендуем проведение скрининга мутаций гена TNNT2.

N.N.Salayeva, K.A.Aliyeva, E.M.Rasulov

THE MOLECULAR RESEARCH TNNT2 GENE FOR THE PATIENT WITH AUTOSOME DOMINANT IN HERITED CARDIOMIOPATHY

Keywords: *cardiomiopathy, inherited disease, gene, missense mutation, TNNT2, fluorimetry, DBScards, mass-spectrophotometry*

For the first time in Azerbaijan Republic mutation – change of nucleotide Guanine with Thymine - in 451 position (451,G-T)of TNNT2 gene was identified in a patient with cardiomyopathy diagnosis. In consequence with the mutation, change of Arginine with Tryptophan has taken place in position 151 (151,Arg-Trp). For analysis, the fluorimetric method, liquid chromatography, and mass spectrometry were used. Using the method, it was possible to test the mutation in the TNNT2 gene. TNNT2 gene has autosome-dominant inherited type and, different to autosome-recessive inherited type, where mothers and heterozygous daughters do not have clinical manifestations of the disease. X-linked dominant inherited type, unlike X-linked recessive inherited type, all women heterozygotes have got all clinical evidences of the said disease. Missing mutations detected in the patient (451, (G-T)) belong to the first class of pathological mutations, in which case heterozygous is considered pathological and the disease clinic is traced. The identified missense mutation relates to patologic mutations group. For prophylaxis of cardiomyopathies, we recommend to carry out TNNT2 gene mutations screening for children in the Republic.

Giriş

Kardiomiopatiya – ürək əzələsinin birincili xəstəliyidir. Kardiomiopatiyaları ürəyin struktur xəstəliklərindən, ürəyin işemik xəstəliyindən, ürək qapaqlarının patologiyasından, anadangəlmə inkişaf qüsurlarından fərqləndirmək lazımdır. Patoloji əlamətlərdən asılı olaraq kardiomiopatiyalar üç qrupa bölünür: dilatasion kardiomiopatiya, hipertrofik kardiomiopatiya və restruktiv kardiomiopatiya [11].

Kardiomiopatiya ürək çatışmazlığının səbəbi kimi üçüncü, ürək köçürmələrində birinci yeri tutur. Kardiomiopatiyanın uşaqlar arasında təsadüf edilmə tezliyi ABŞ-da 1:250-ə bərabərdir. Müəyyən edilmişdir ki, xəstəliyin bu tezliyi digər ölkələr üçün təxminən eynidir. Pediatrik qrupda xəstəliyin illik təsadüf olunma tezliyi 100 000 uşaq arasında 0,57 bərabərdir. Xəstəliyin 70%-i genetik, 30%-i qeyri genetik – sonradan qazanılmış olur. Müəyyən edilmişdir ki, Kardiomiopatiya xəstəliyinin 10-30%-nin əsasında TNNT2 geninin mutasiyası durur. Uşaqlar və yeniyetmələr arasında TNNT2 geninin mutasiya tezliyi tədqiq edilməmişdir [2; 12]. Xəstəliyin 20-30% ailəvi – irsi xarakter daşıyır. Kardiomyositlərin arasında anormal substratlar toplanması nəticəsində baş verən kardiomiopatiyalara birincili, ikincili, ailəvi amiloidozları, Qoşe, Hurler, Xanter xəstəliklərini göstərmək olar [7; 10].

Kardiomyositlərin daxilində anormal substratların toplanması nəticəsində baş verən kardiomiopatiyalara qlikogenlərin toplanma xəstəliklərini, hemaxromatozu, Fabri və Nimann-Pik xəstəliklərini göstərmək olar [1; 3; 4; 5; 6; 8; 14].

Ürək troponin T ürək əzələsinin təqəllüsünə kömək edir. Kalsiumun səviyyəsi aşağı olduqda troponin kompleksi əzələlərin daralması üçün lazım olan qalın və nazik filamentlər arasındakı qarşılıqlı əlaqəyə maneə törədən sarkomerlərdəki nazik filamentə bağlanır. Kalsium səviyyəsinin artması troponin kompleksindəki struktur dəyişikliklərinə səbəb olur. Bu da qalın və nazik filamentlərin qarşılıqlı təsirinə və bu da ürək əzələsinin təqəllüsünə səbəb olur [2; 9; 12].

Qeyd edilməlidir ki, kardiomiopatiyaların səbəbi kimi TNNT2 geninin rolu Azərbaycan Respublikasının əhalisində tədqiq edilməmiş, genetikası haqqında məlumat yoxdur.

İşin məqsədi Azərbaycan Respublikasının əhalisində, kardiomiopatiya diaqnozlu xəstədə molekulyar-genetik metodların köməkliyi ilə TNNT2 geninin strukturunu tədqiq etmək olmuşdur.

Material və metodika

30.06.2018-ci il təvəllüdlü xəstə M.N. ET Pediatriya İnstitutunun reanimasiya şöbəsində müalicə olunan dövrdə venoz qanı 1 ml həcmdə tərkibində EDTA antikoagulyantı olan sınaq şüşəsinə götürülmüşdür. Sonradan qan xüsusi DBS (dried blood spots) kartlara hopdurulmuş və bir saat müddətində otaq temperaturunda qurudulduqdan sonra analiz üçün laboratoriyaya göndərilmişdir.

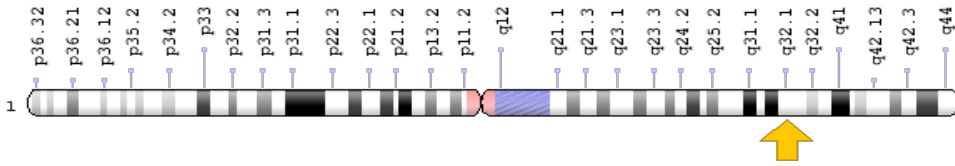
Tədqiqat Ə.Əliyev adına Azərbaycan Dövlət Həkimləri Təkmilləşdirmə İnstitutunun “Laborator işi” kafedrası və Almanyanın CENTEGEN laboratoriyası ilə birgə aparılmışdır. Analiz məqsədilə fluorimetrik metoddan, maye xromatoqrafiyadan və mass-spektrometriyadan istifadə edilmişdir.

TNNT2 geninin molekulyar-genetik diaqnostikası MLPA (multiplex

legation-dependent probe amplification) MRC-Hollandiya istehsalı olan SALSA MLPA probemix P034-B2/p035-B1 nümunələrindən istifadə edilmişdir. Metodun istifadəsilə TNNT2 geninin daxilində mövcud mutasiyanı testləşdirmək mümkün olmuşdur. Metod CENTOGENE laboratoriyasında işlənib hazırlanmışdır (Rostok ş., Almaniya).

Nəticələr və müzakirə

TNNT2 geni ürək əzələsində troponin T adlı proteinini kodlaşdırır. Ürək troponin T ürək əzələ hüceyrələrində troponin protein kompleksini əmələ gətirən üç zülaldan biridir. Troponin kompleksi əzələlərin daralmasının əsas vahidi olan sarkomer adlı kompleksin bir hissəsidir. Sarcomeres qalın və nazik filamentlərdən ibarətdir. Üst-üstə düşən qalın və nazik filamentlərin iştirakı ilə ürək əzələləri təqəllüs edir. Troponin kompleksi kalsiumla birlikdə ürək əzələlərinin daralmasını tənzimləməyə kömək edir. 1 sayılı şəkildə TNNT2 geninin 1 sayılı xromosomda tutduğu yer göstərilmişdir.



Şəkil 1. TNNT2 geninin 1 sayılı autosom xromosomda tutduğu yer

TNNT2 geni sitogenetik olaraq 1 sayılı xromosomun uzun çiyində 1q32.1 hissəsində yerləşir. Molekulyar olaraq TNNT2 geni 1 sayılı xromosomun 201 359 014 nukleotidindən başlayaraq 201 377 828 nukleotidinə kimi davam edir (yenilənmiş Homo sapiens 109.20190905, GRCh38.p13) (NCBI).

30.06.2018-ci il təvəllüdlü xəstə M.N. Azərbaycan Respublikası Səhiyyə Nazirliyinin Elmi-Tədqiqat Pediatriya İnstitutunun reanimasiya şöbəsində müalicə olunarkən diaqnostika məqsədilə ondan venoz qan xüsusi DBS (dried blood spots) kartlara hopdurulmuş və bir saat müddətində otaq temperaturunda qurudulduqdan sonra analiz üçün Həkimləri Təkmilləşdirmə İnstitutunun “Laborator işi” kafedrasının laboratoriyasına göndərilmişdir.

Müasir biokimyəvi və molekulyar metodların kompleksindən: fluorimetrik metoddan, maye xromatoqrafiyadan və mass-spektrometriyadan istifadə edilmişdir.

MLPA (multiplex legation-dependent probe amplification) MRC-Hollandiya istehsalı olan SALSA MLPA probemix P034-B2/p035-B1 nümunələrindən istifadə edilmiş və TNNT2 genin molekulyar-genetik diaqnostikası aparılmışdır.

Metodun istifadəsi ilə TNNT2 geninin daxilində mövcud mutasiyanı testləşdirmək mümkün olmuşdur. Qeyd edilməlidir ki, metod Almaniyanın

CENTOGENE laboratoriyasında (Rostok şəhərində) işlənilib hazırlanmışdır. Əldə edilmiş nəticələr, TNNT2 geninin identifikasiya edilmiş mutasiyası, aminturşu dəyişikliyi, SNP identifikatoru, irsiyyət forması, mutasiyanın tipi və klassifikasiyası 1 saylı cədvəldə verilmişdir.

Cədvəl 1

Kardiomiopatiyalı xəstənin (M.N.) TNNT2 geninin genetik analizinin nəticələri

Gen	Mutasiya	Aminturşu dəyişikliyi	SNP identifikatoru	İrsiyyət forması	Mutasiyanın tipi və klassifikasiyası
TNNT2	NM.001276345.1:c 451 (G-T)	p.(Arg151Tro)	rs 74315379	Heteroziqot	Missens, Patoloji (1-ci sinif)

Cədvəldən görüldüyü kimi, TNNT2 geninin 451-ci vəziyyətində qanın nukleotidi timinlə əvəz edilmişdir (G-T). Mutasiya nəticəsində biosintez olunan zülalın 151-ci vəziyyətində arginin aminturşusu triptofanla əvəz olunmuşdur. SNP identifikatoru rs 74315379 kimi göstərilir. Xəstənin irsiyyət forması heteroziqotdur. TNNT2 geninin irsiyyət tipinin autosom-dominant olduğunu nəzərə alsaq, autosom-recessiv heteroziqot irsiyyət formasından fərqli olaraq xəstəlik əsasən gizli deyil, xəstəliyin kliniki əlamətləri olur. Xəstədə aşkar olunmuş missens (nonsens) mutasiya (451, (G-T)) patoloji mutasiyalar qrupunun 1-ci sinfinə aid olduğundan heteroziqot vəziyyətdə belə patoloji sayılır və xəstəliyin klinikası izlənilir.

HGMD-nin 2019.1. iş protokoluna əsasən genin bu mutasiyası (Li və həmkarları (2001), Lu və həmkarları (2003), Venkatraman və həmkarları (2003)) kardiomiopatiya xəstəliyinin əsas səbəbi kimi qəbul edilmişdir. Dilatasiyalı kardiomiopatiyanın irsiyyət tipi autosom-dominantdır. Dilatasiyalı kardiomiopatiyanın (DKM) heterogen təbiətli xəstəlik olaraq ailədə penetrantlıq dərəcəsi təxminən 30%-ə bərabərdir. DKM zamanı bir və iki mədəciklərin eyni zamanda təqəllüsünün pozulmasına səbəb olur. Pasientlərdə adətən irəliləyən konjestiv ürək çatışmazlığı qeydə alınır. Aritmiya, tromboemboliya və qəflətən ölüm hallarına çox təsadüf edilir. Qəflətən ölüm halları ailələrdən asılı olaraq müxtəlif yaş həddində baş verir.

Rusiya Federasiyasının aparıcı kardioloji mərkəzlərində müalicə olunan 25 pasient üzərində təcrübə aparılmışdır (Mixaylov V.S. və həmkarları (2019)). Molekulyar-genetik metodların iştirakı ilə TNNT2 geninin tam məzmunu sekvenlənmə analizi aparılmışdır. 17 yaşına qədər (orta yaş həddi 6,5) DKM diaqnozlu 25 xəstənin cins nisbəti 17 kişi:7 qadın, 20 sporadik hal, 5-i qohum olmuşdur.

Üç xəstədə TNNT2 geninin üç müxtəlif mutasiyası identifikasiya

edilmişdir: 1. 72 sayılı ekzonunun 21019-cu vəziyyətində adenin nukleotidinin delesiya aşkar edilmişdir; 2. genin 1478 vəziyyətində sitozin nukleotidi adeninlə əvəz edilmişdir (C-A) və 3. genin 43582 vəziyyətində adenin nukleotidi timinlə əvəz edilmişdir (A-T). Mutasiya kodonların çərçivə yerdəyişməsinə səbəb olur. Nəticədə missens (nonsens) mutasiya baş verir.

Beləliklə, ilk dəfə olaraq Azərbaycan Respublikasının əhalisində kardiomiopatiya diaqnozlu xəstənin genetik analizi aparılmış, TNNT2 geninin mutasiyası identifikasiya edilmişdir. 2018-ci il təvəllüdü xəstə M.N.-nin DBS filtr kartlarına hopdurulmuş qan ləkələri səviyyəsində biokimyəvi və molekulyar-genetik metodlarının kompleks istifadəsi TNNT2 geninin 451-ci vəziyyətində qanın nukleotidi timinlə əvəzi (G-T), mutasiya nəticəsində biosintez olunan zülalın 151-ci vəziyyətində arginin aminturşusu triptofanla əvəzi identifikasiya edilmişdir. Xəstədə aşkar olunmuş missens mutasiya (451, (G-T)) patoloji mutasiyalar qrupunun 1-ci sinfinə aid olduğundan heteroziqot vəziyyətdə belə patoloji sayılır və xəstəliyin klinikası izlənilir. Xəstəliyin profilaktikası məqsədilə kardioloji xəstələr və ailə üzvləri arasında TNNT2 geninin skrininginin aparılması məsləhət görülür.

NƏTİCƏ

1. Azərbaycan Respublikasında ilk dəfə olaraq kardiomiopatiya diaqnozlu xəstənin genetik analizi aparılmış, TNNT2 geninin mutasiyası identifikasiya edilmişdir (451 G-T, Arg-Trp).

2. İdentifikasiya edilmiş missens mutasiya (451, (G-T)) patoloji mutasiyalar qrupunun 1-ci sinfinə aid olduğundan heteroziqot vəziyyətdə patoloji sayılır və xəstəliyin klinikası izlənilir.

3. Kardiomiopatiya diaqnozlu xəstə uşaqlar və ailə üzvləri arasında profilaktik məqsədlə TNNT2 geninin skrininginin aparılması məsləhət görülür.

ƏDƏBİYYAT

1. Волгина С. Я. Болезнь Фабри // Практическая медицина (научно-практический медицинский журнал), 2012, Т.62, № 7, с.75-79
2. Михайлова В.С., Букаева А.А., Румянцева В.А., Котлукова Н.П., Раджабова Г.М., Балашова М.Н., Джемескевич Т.С., Заклязьминская Л.С. Молекулярно-генетический анализ гена TNN у детей с дилатационной кардиомиопатией. 2019 // Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал им. Акад. Б.В.Петровского, 2018, №1, с.70-78
3. Acton Q., Advances in Health Research and Application, 2013/ Edition Scholarty/ Editions/ ISBN. 978-1-481. 68280-0.
4. Bouwien E Smid et al. Plasma globotriaosylsphingosine in relation to phenotypes of Fabry disease (ENG) // J Med Genet. 2015, Jan.
5. David F. Moore et al. Increased Signal Intensity in the Pulvinar on T1-Weighted

- Images: A Pathognomonic MR Imaging Sign of Fabry Disease (ENG) // AJNR. – 2003, v. 24, pp.1096-1101
6. *Forshaw-Hulme S.* The use of Fitbit data in monitoring the improved functioning and quality of a case of Fabry disease. 15TH Annual World Symposium, February 4-6, 2019, p.65
 7. *Galehdari H., Tangestani R., Ghasemian S.* New single nucleotide deletion in the SMPD1 gene causes Niemann-Pick disease type A in a child from Southwest Iran: a case report // Iran J. Pediatr., 2013, v.23, № 2, pp.233-236
 8. *Hamed A.* Measurement properties of the Fabry Disease Patient Reported Outcome (FD-PRO), a new instrument to measure symptoms in Fabry disease. 15TH Annual World Symposium, February, 4-6, 2019, p.105
 9. Homo sapiens 109.20190905, GRCh38,p13) (NCBI).
 10. *Hua R., Wu H., Cui Z. et al.* A novel SMPD1 mutation in two Chinese sibling patients with type B Niemann Pick disease // Chin. Med. J. (Engl.), 2012, v.125. № 8, pp. 1511-1512
 11. *Marian A.J.* The Molececular genetics Basis for Hypertrophic Cardiomyopathies. J. Molec. Genet. 2011, p.1348
 12. *Sigmundsdottir L.* Cognitive and psychological functioning in Fabry disease (ENG) // Arch ClinNeuropsychol, 2014, Nov., v.29, № , pp.642-650
 13. *Thomas D., Stomas M.D.* Overview of cardiomyopathies, 2017, Illinois, Chicago
 14. *Turk F.E.* Lipid omics in translational research and clinical relevance for the identification of biological fluids sphingolipids biomarkers for Fabry. 15th Annual Wolrd Symposium, February 4-6, 2019, p.44

UOT 2422.01

С.А. Тагиева

*Институт микробиологии НАН Азербайджана
safada.tagiyeva@yahoo.com*

НОВЫЙ ПОДХОД К ПОЛУЧЕНИЮ БАКТЕРИОЦИНОВ НА ОСНОВЕ БАКТЕРИЙ РОДА *BACILLUS*

Ключевые слова: бактериоцин, бактерия, антибиотик, *Bacillus Cereus*, *Bacillus Subtilis*, лаборатория

В данной обзорной статье обобщены и проанализированы микробиологические и биотехнологические методы, описанные в литературе и применяемые для получения натуральных антибактериальных средств – бактериоцинов. Анализируя различные подходы к решению проблемы эффективного синтеза бактериоцинов, автор приводит целый ряд различных методик, которые подходят для синтеза бактериоцинов в лабораторных условиях, но, как выясняется в ходе анализа, большинство из них являются трудоёмкими, дорогостоящими и длительными по времени. Они требуют так же высокой квалификации специализированного персонала и создания особых лабораторных условий (например, особый температурный режим или давление), а так же дорогостоящего оборудования. Обсуждаются так же вопросы выбора бактерий, которые могут стать продуцентами и бактерий- мишеней, а главное – выбора способов и методик синтеза бактериоцинов, которые могут осуществляться не только в условиях лабораторий, но и в масштабах производства. В ходе исследования доказано, что бактерии рода *Bacillus* (*Bacillus cereus* и *Bacillus subtilis*) могут рассматриваться как наиболее оптимальный продуцент антибактериальных веществ.

Ş.Ə. Tağıyeva

BACILLUS CİNSLİ BAKTERİYALARIN ƏSASINDA YENİ BAKTERİOSİNLƏRİN SİNTEZİ ÜSULLARINA YENİ YANAŞMA

Açar sözlər: bakteriosin, bakteriya, antibiotik, *Bacillus Cereus*, *Bacillus Subtilis*, laboratoriya

Bu icmal məqalədə təbii antibakterialların (bakteriosinlərin) əldə edilməsi üçün istifadə olunan mikrobioloji və biotexnoloji üsullar barəsində məlumat ümumiləşdirilib və təhlil edilmişdir. Bakteriosinlərin səmərəli sintezi problemini həll etmək üçün müxtəlif yanaşmaları təhlil edən müəllif laboratoriya şəraitində bakteriosinlərin sintezi üçün uyğun olan bir sıra müxtəlif metodlar göstərir, lakin analiz zamanı məlum olur ki, onların əksəriyyəti uzunmüddətlidir və mühüm maliyyə və zaman tələb edir. Bu üsulları həyata keçirmək üçün həmçinin yüksək səviyyəli mütəxəssislər və xüsusi laboratoriya şəraiti,

(məsələn, temperatur, təzyiq), bahalı avadanlıq lazımdır. Eyni zamanda bakteriosin istehsalına uyğun produsent bakteriyalar və antibakterial təsirə məruz qalan hədəf bakteriyalar barədə, əsasən də nəinki laboratoriya şəraitində, həm də istehsal miqyasında bu prosesə uyğun olan üsullar müqayisə olunur. Araşdırma nəticəsində antibakterial maddələrin əsas optimal produsenti kimi *Bacillus* cinsli bakteriyalar (*Bacillus cereus* və *Bacillus subtilis*) göstərilir.

S.A.Taghiyeva

A NEW APPROACH TO OBTAINING BACTERIOCINS BASED ON BACTERIA OF THE GENUS *BACILLUS*

Keywords: *bacteriosine, bacteria, antibiotic, Bacillus Cereus, Bacillus Subtilis, laboratory*

This review article describes microbiology-biotechnology review of production methods of the bacteriocins – natural antibacterial substances. Analysis of different approaches to this problem, conducted by author, determined range of methods, suitable for syntheses of bacteriocins in laboratory condition, but as determined, most of that are labour-consuming, not affordable and not safe-timing. Special laboratory conditions (for instance, special temperature, pressure) and high qualification of the personnel and expensive equipment are necessary too. Applicability of known available methods to industrial production of bacteriocins and choose of more suitable producer and target bacteria were discussed also. The study proved that bacteria of the genus *Bacillus* (*Bacillus cereus* and *Bacillus subtilis*) can be considered as the most optimal producer of antibacterial substances.

Классические синтетические антибиотики являются неотъемлемой частью современной медицины, ветеринарии и пищевой промышленности. Несмотря на это, имеется целый ряд объективных причин, по которым учёные стараются найти им адекватную замену [6, с.48]. Новое поколение безопасных антибактериальных средств (бактериоцинов) [14, с.272], не вызывающих резистентность микробов [5] и не имеющих большое количество побочных эффектов и противопоказаний смогло бы постепенно заменить классические антибиотики. Хотя открытие первого бактериоцина, так называемого колицина, состоялось ещё в 1925 году [11, с.223], за последние 20 лет многие научные исследования в области микробиологии и биотехнологии были посвящены именно выделению таких антибактериальных средств.

Для получения бактериоцинов учёные используют методы микробиологии, биотехнологии и генной инженерии. Большинство этих методов являются дорогостоящими, требуют специального оборудования, высококвалифицированного персонала, а также условий режимной лаборатории. Но для производства в промышленных масштабах необходима

технология, не требующая больших затрат и особых условий. Поэтому необходимо найти такие методы, которые можно было бы применить в промышленных масштабах.

В качестве продуцентов новых бактериоцинов особенно удачно зарекомендовали себя бактерии рода *Bacillus*, особенно *Bacillus cereus* и *Bacillus subtilis*. Дело в том, что они оправдали себя как источники бактериоцинов и других биологически активных веществ не только в научном, но и промышленном масштабе. При этом они достаточно доступны, поскольку широко распространены в окружающей среде: воде, почве, пыли, воздухе [7, с.125], легко культивируются на обычных питательных средах, не требуют особых условий для размножения и отличаются стабильностью. Например, бактерии *Bacillus cereus* способны размножаться в широком диапазоне температуры от 4°C (39.2°F) до 55°C 131°F и при кислотности от pH 5.3 до 9.3[8с.], а *Bacillus subtilis* может развиваться при температуре +5...+45 °С и кислотности pH 5,5-8,5 [2, с.112].

Как потенциальные продуценты, будучи факультативными аэробами, они не требуют особых условий для размножения, а благодаря спорообразованию, хорошо сохраняются в окружающей среде. При этом большинство штаммов являются сапрофитными, безопасными для организма человека и животного.

Бациллы являются достаточно продуктивными источниками различных метаболитов: ферментов, бактериоцинов, фитогормонов и пробиотиков. Так, например, на основе штамма *Bacillus cereus* UW85 были получены противогрибковые препараты *zwittermicin A* и *aminopolyol*, которые подавляют развитие грибка *Phytophthora medicaginis*, вызывающего заболевание “damping-off” у кормового растения люцерны и препятствующего герминации семян этого растения [12, с.2023].

Южнокорейские ученые были изучены поверхностно-активные вещества бактерий *Bacillus subtilis* VSG4 и *Bacillus licheniformis* VS16. Ими было установлено, что эти биосурфактанты обладают антиоксидантным и антиадгезивным действием против *Staphylococcus aureus* ATCC 29523, *Salmonella typhimurium* ATCC 19430, and *Bacillus cereus* ATCC 11778 и при этом проявляют антибактериальные свойства в отношении как Грам+, так и Грам- бактерий. Кроме того, оба сурфактата уничтожают биоплёнку, образованную другими бактериями [10, с.66].

Имеются данные, что в природе ризобактерии *Bacillus subtilis*, которые населяют корневую систему овощных культур (капусты, картофеля, тыквы), являются источником фитогормонов, стимулирующих рост и вегетационное развитие растений. К таким фитогормонам относятся гибберелловая и абсцизовая кислоты, причем наибольшее количество гибберелловой кислоты наблюдаются у растений в фазе цветения, а уровень

абсцизовой кислоты повышается в фазе плодоношения. Кроме ростостимулирующего действия, бациллы оказывают антагонистическое действие на болезнетворные бактерии растений – некоторые фитопатогены рода *Pectobacterium* и *Pseudomonas* [1, с.143].

По данным российских исследователей, бактерии *Bacillus subtilis* могут быть использованы в качестве пробиотиков, которые помогают кишечнику правильно работать. Методом отсроченного антагонизма [4, с.114] были получены данные, подтверждающие в различной степени антимикробное действие 3 штаммов *Bacillus subtilis* в отношении энтеропатогенного штамма кишечной палочки *E.coli* 212 (O157:H7), а так же *E.coli* 1882, *E.coli* 9022, двух видов шигелл, золотистого стафилококка *S. aureus* FDA 209P и *S. aureus* «Никифоров», двух видов протея *Proteus mirabilis* 24a и *Proteus vulgaris* 177, и грибов *C.albicans* 690 [3, с.115].

Таким образом, выбор для исследований именно *Bacillus cereus* и *Bacillus subtilis* с целью получения новых бактериоцинов является оправданным с теоретической и практической точки зрения.

Для выбора методики обнаружения и извлечения нового антибактериального вещества на основе бактерий рода *Bacillus* нами были изучены методы исследований, которые применялись в этой области за последние 20 лет. В целом, все методы подразделяются на микробиологические, молекулярно-генетические и биотехнологические. К микробиологическим методам относятся культивирование бактерий и выявление антагонизма как на твердых, так и на жидких питательных средах, а из биотехнологических способов применяются фильтрование через ватман, либо другие фильтры с различным размером отверстий для определения размера частиц полученного вещества, центрифугирование для получения фракций, агитация (покачивание) при определенной температуре), электрофорез в полиакрильном геле для определения размера молекул, хроматография и преципитация для очистки препарата, фотометрия для определения концентрации протеина в растворе. Из молекулярно-генетических технологий проводились секвенирование и масс-спектрометрия локусов РНК, ответственных за синтез бактериоцина. Генная инженерия позволяет определить и вставить гены, кодирующие определенное вещество. Некоторые методики будут вкратце рассмотрены ниже на примере нескольких подобных научных исследований.

В работе американских ученых «Биологическая активность двух фунгиостатических антибиотиков, выделенных из *Bacillus cereus* UW85» штаммы бацилл, энергично покачивая, культивировали в полужидком TSI бульоне, затем TSA агаре, затем бактерии идентифицировали стандартными бактериологическими методами, а грибки *Erwinia herbicola* – методом анализа жирных кислот. Антифунгальную активность наблюдали в виде

ингибиции почкования *herm-tube* и на чашках Петри методом диффузии на агаре. С целью экстрагирования антибиотиков из трёхдневной культуры бактерий центрифугированием удаляли споры, затем выделяли антибиотик следующими двумя способами. Первый способ проводился с помощью реагентов *Carboxymethyl-Sephadex cation-exchange matrix* (Sigma Chemical Co., St. Louis, Mo.) Второй способ основан на пропускании нейтрализованного изолята через колонки, содержащие Amberlite IRC-50 (Sigma). Выделенный элюат снова проверяли на антифунгальную активность. Кроме того, *Bacillus cereus* UW85 подвергали мутациям и проверяли способность мутантных штаммов ингибировать размножение грибов [12, с.2023].

В статье бразильских учёных описано получение фермента коллагеназы из *B.Cereus*. В ходе работы бактерии были выделены бактериологически из пыльцы пчёл. Затем, изменяя условия культивирования, выбирали оптимальную рН, концентрацию желатина и агитацию для наилучшей активности коллагеназы. После этого фермент выделяли и измеряли его молекулярную массу с помощью зимограммы по технологии электрофореза на полиакриловом геле [13, с.501].

При получении другого фермента – протеиназы из *B.Cereus* протеиназную активность изучали по расщеплению желатина. Для выявления оптимальных условий продукции фермента изменяли температуру, время инкубации, агитацию и кислотность. В агаре, содержащем желатин сделали отверстия, в них влили стерильный фильтрат 12 часовой культуры и с помощью индикатора наблюдали и измеряли диаметр зоны лизиса-протеолиза вокруг лунок через 12 часов. В качестве источника углерода и азота в ходе опыта были выбраны галактоза и пептон. Использовали так же второй способ – в пищевой бульон с особым составом добавили 4% инокулята, затем раскачивали колбу, затем центрифугировали и использовали супернатант. Для очистки смеси применяли повторное центрифугирование для пропускания через фильтры при низких температурах, затем протеазу осаждали с помощью преципитации сульфатом аммония. На каждом этапе проводили измерения с помощью спектрофотометрии [9, с.50].

Из методов исследования пробиотиков одним из новых, удобных и простых в применении является модифицированный метод отложенного антагонизма. При «классическом» методе изучения антагонизма на чашку Петри по диаметру окружности одним штрихом высевает культуру пробиотика, после инкубации на ту же чашку высевает другой вид микроба перпендикулярно росту пробиотика. После инкубации в случае антагонизма между двумя полосками образуется зона ингибиции. Этот метод занимает около 96 часов (по 48 часов на каждую инкубацию). Суть

модифицированного метода отсроченного антагонизма заключается в том, что посев обеих культур производится практически одновременно. Сначала «газоном» засевают пробиотик, затем на подсохший агар штрихом наносится культура антагониста и через 48 часов оценивается чистая зона вокруг штриха. Авторы описывают свой метод на примере 5 штаммов *Bacillus subtilis* и кишечной палочки [4, с.114].

Таким образом, большинство методов, используемых для получения бактериоцинов и бактериоцинных веществ в лабораториях, являются дорогостоящими и трудоёмкими. При этом выход препарата очень низкий и совершенно не подходит для производства. Поэтому необходимо на основе накопленного опыта разработать новые методики, которые будут оптимизированы и адаптированы с учетом себестоимости и временных затрат на получение новых бактериоцинных препаратов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Артамонова М.Н.* Ризосферные бактерий *bacillus subtilis* и их ростстимулирующее влияние на *cucurbita* перо. «Ульяновский государственный университет», 2016, с.143-146 / <http://old.timacad.ru/catalog/disser/kd/artamonova/disser.pdf>
2. *Бочкарева Н.Г. и др.* Штамм бактерий *Bacillus subtilis* продуцент комплекса гидролитических ферментов, обогащенных б-глюканазой // Пат. N 2046141 Россия, С12 N 9/42, Опубл. 20.10.95, 2016, Бюл. № 29, с112
3. *Гатауллин А.* Биологические свойства штаммов *bacillus subtilis*, перспективных для создания новых пробиотиков. Диссертация, Москва, 2005, с.115-125 / <http://earthpapers.net/biologicheskije-svoystva-shtammov-bacillus-subtilis-perspektivnyh-dlya-sozdaniya-novyh-probiotikov>
4. *Ирктова А.Н., Яценко Е.С.* Оптимизация метода определения антагонистической активности пробиотических бактерий // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания, 2017, № 5, с.114-116
5. *Фридман Д.* Человечество лишается эффективных лекарств для борьбы с армией супербактерий. Азербайджанские известия, 12.09.2019 / <http://www.azerizv.az/news/a-26294.html>
6. *Seyfəddinova M.N.* Azərbaycan respublikasında müxtəlif üsulların köməyi ilə dərmanlara davamlılığın müqayisəli öyrənilməsi // Tibb və elm, 2017 №1 (7), s.48-52
7. *Douglas J. Sleight, Morag C.* Timbury Notes on Medical Bacteriology Published by Churchill Livingston, pp.125
8. *Duaa S. Al-Baqer* Bacillus Cereus King Saud University Collage of Pharmacy Department of Pharmaceutics Section of Microbiology, 2005
9. *Gaurav Pant, Anil Prakash.* Production, optimization and partial purification of protease from *Bacillus subtilis* // Journal of Taibah University for Science 9, 2015,

- pp.50–55
10. *Giri S.S., Ryu E.C., et* Antioxidant, antibacterial, and anti-adhesive activities of biosurfactants isolated from *Bacillus* strains, 2019, pp.66-72 / <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31028863>
 11. *Karpiński T.M., Szkaradkiewicz A.K.* Characteristic of bacteriocines and their application. *Pol J Microbiol.* 2013, 62(3):223-35
 12. *Laura A. Silo-suh, et.* “Biological Activities of Two Fungistatic Antibiotics Produced by *Bacillus cereus* UW85, June 1994” *Applied and environmental microbiology*, 1994, pp.2023-2030
 13. *Pequeno A.C.L, Arruda A.A.* Production and characterization of collagenase from a new Amazonian *Bacillus cereus* strain. *Biochem Biotechnol*, 2019, 49(5):501-509 doi: 10.1080/10826068.2019.1587627. Epub, 2019, Apr 4
 14. *Sumanpreet Kaur, Sukhraj Kaur.* Bacteriocins as Potential Anticancer Agents *Front. Pharmacol.*, 2015 / <https://doi.org/10.3389/fphar.2015.00272> p.272

UOT:582.661.56:581.14

D.N.Təhməzova

*Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti
dilrub.thmzova@mail.ru*

ABŞERONDA ÖRTÜLÜ ŞƏRAİTDƏ *ECHINOPSIS MIRABILIS* SPEG.-İN BÖYÜMƏ VƏ İNKİŞAF XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Açar sözlər: *Cactaceae* Juss., *Echinopsis mirabilis* Speg., örtülü şərait, ontogenez, böyümə və inkişaf

Məqalədə örtülü şəraitdə *Echinopsis mirabilis* Speg. növünün ontogenezi, yeni orqanların böyümə və inkişaf dinamikası, struktur quruluşu öyrənilmişdir. Alınmış nəticələrə görə, *Echinopsis mirabilis* növünü *Cactaceae* fəsiləsi bitkilərinin böyük həyat tsiklinin xüsusiyyətlərini öyrənmək üçün bir model obyekt kimi tövsiyə etmək olar.

Д.Н.Тахмазова

ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ *ECHINOPSIS MIRABILIS* SPEG. В ЗАКРЫТОМ УСЛОВИИ В АПШЕРОНЕ

Ключевые слова: *Cactaceae* Juss., *Echinopsis mirabilis* Speg., закрытое условие, онтогенез, рост и развитие

В статье изучены онтогенез, динамика роста и развития, структурное строение новых органов вида *Echinopsis mirabilis* Speg. в закрытом условии. В результате полученных исследований вид *Echinopsis mirabilis* можно рекомендовать как модельный объект для изучения особенностей большого жизненного цикла растений семейства *Cactaceae*.

D.N.Tahmazova

THE CHARACTERISTICS OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF *ECHINOPSIS MIRABILIS*, SPEG. INDOOR CONDITION IN ABSHERON

Keywords: *Cactaceae* Juss., *Echinopsis mirabilis* Speg., indoor condition, ontogenez, growth and development

The article investigates the ontogeny of the *Echinopsis mirabilis* Speg species, the dynamics of growth and development of new organs, and their structure under cover conditions. According to the results obtained, the species of echinosis mirabilis can be recommended as a model to study the features of the large life cycle of *Cactaceae* plants.

Giriş

Dicotyledones (ikiləpəlilər) sinifinin *Caryophyllales* (Qərənfilçiçəklilər) sırasına aid olan *Cactaceae* Juss. fəsiləsi bir sıra ədəbiyyat mənbələrinin məlumatlarına görə özündə təxminən 233 cinsdə birləşmiş 5000-dən çox növ və növmüxtəlifliyini birləşdirir [2; 9; 10]. *Cactaceae* fəsiləsinin növlərinin böyük əksəriyyəti Şimali və Mərkəzi Amerikanın yarımsəhra və səhra rayonlarında yayılmışdır [2; 11; 12].

Cactaceae Juss. fəsiləsinin nümayəndələri orqanlarının qeyri-adi quruluş xüsusiyyətlərinə, onların böyümə və inkişafının spesifikliyinə görə xüsusi marağa səbəb olurlar. Bu isə onları digər bitki qruplarından əhəmiyyətli dərəcədə fərqləndirir. Kaktus fəsiləsi ənənəvi olaraq ekstremal şəraitdə bitməyə yüksək səviyyədə uyğunlaşmış bitki qruplarının nümayəndələri arasında özünəməxsus xüsusi yer tutur.

Hal-hazırda Azərbaycanın quru subtropik regionunda daxili interyerlərin (yaşayış, ictimai və istehsalat binalarının) yaşıllaşdırılmasında geniş istifadə edilməyə başlanmışdır [1; 6].

Buna görə də kaktusların ekoloji-coğrafi və morfoloji heterogenliyi və onların uyğunlaşma strukturunun müxtəlifliyini nəzərə alaraq yeni ekoloji şəraitdə onların inkişaf biologiyası öyrənilməyə başlanmışdır [6; 7].

Cactaceae fəsiləsinin cinsləri arasında *Echinopsis* özünəməxsus yer tutur. Bu cinsin nümayəndələri Şimali Boliviya dan Cənubi Argentina qədər yayılmışdır. Şarşəkilli və ya hündür olmayan silindrik gövdəsinin hündürlüyü 10-13 sm-ə qədər, diametri isə 2-3 sm olan bitkilərdir. Gövdəsi simmetrik, iti qabırğalı, hamar, parlaq, rəngi açıq yaşıldan tünd yaşıla qədər dəyişir. Kök sistemi olduqca güclü olub torpağın dərinliyinə işləmir və horizontal istiqamətdə yerləşir. Areolları bir-birindən eyni məsafədə yerləşir və növdən asılı olaraq tikanları sərt və ya xud çox qısadır. Çiçəkləri gövdənin orta hissəsində areolun yanından əmələ gəlirlər. Çiçəyi böyük, qıfşəkilli olub, uzun çiçək borucuqludur. Çiçək tacının rəngi ağdan çəhrayı-bənövşəyi rəngə qədər dəyişir. Meyvələr ovaldır. Toxumu qara, hamar, parlaq, diametri 0,2 sm-ə qədərdir.

Tədqiqat dövründə oranjereya şəraitdə *Echinopsis* cinsinin tam inkişaf tsikli *Echinopsis mirabilis* Speg. növünün nümunəsində öyrənilmişdir. Aparılmış tədqiqatlar nəticəsində bu növün ontogenetik inkişafının əsas mərhələləri öyrənilmişdir.

Tədqiqatın obyektı və metodikası

Tədqiqatlar 2014-2017-ci illər ərzində AMEA-nın Mərkəzi Nəbatat Bağının “Örtülü şəraitdə becərilən bitkilər” laboratoriyasının tropik və subtropik bitkilər kolleksiyasında becərilən *Cactaceae* fəsiləsinin *Echinopsis mirabilis* Speg. növü üzərində aparılmışdır.

Echinopsis mirabilis Speg. – gözəl exinopsis və ya kirpi kaktus [8]. Çox

kiçik kaktusdur. Nadir hallarda boyu 15 sm-dən çox, diametri 2,5 sm-dən çox olur. Gövdəsi tünd qəhvəyi rəngli olur. Çiçək borusu uzun olub, üzəri tüklərlə və cod qillarla örtülmüşdür. Çiçəkləri ağ rəngli olub, diametri 4 sm-ə qədərdir. Yayda gecə çiçəkləyir: çiçəklər gün batmağa bir neçə saat qalmış açır və sabah səhər isə solur. Meyvəsi – üzəri tüklərlə və cod qillarla örtülmüş, uzunluğu 3 sm-ə qədər olan giləmeyvədir.

Təbii halda Şərqi Argentinanın Santyaqo-del-Estero, San-Xuan, La-Rioxa və Mendosa əyalətlərində yayılmışdır.

Öyrənilən bitkinin morfogenezin və həyat tsiklinin gedişi İ.Q.Serebryakovun [4] və F.M.Kupermanın [3] işləyib hazırladığı metodikalar əsasında tədqiq edilmişdir. Bitkilərin morfogenezinin və mövsümü inkişaf ritminin qrafiki təsviri isə V.V.Skripçinski, Y.A.Dudar, V.V.Skripçinski və Q.T.Şevçenko [5] tərəfindən işlənmiş metodikaya uyğun olaraq aparılmışdır.

Öyrənilən növlərin toxumunun cücərməsinin morfoloji xüsusiyyətləri və cücərtilərinin böyümə və inkişafı İ.Q.Serebryakovun [4] metodikası üzrə tədqiq edilmişdir.

Nəticə və müzakirələr

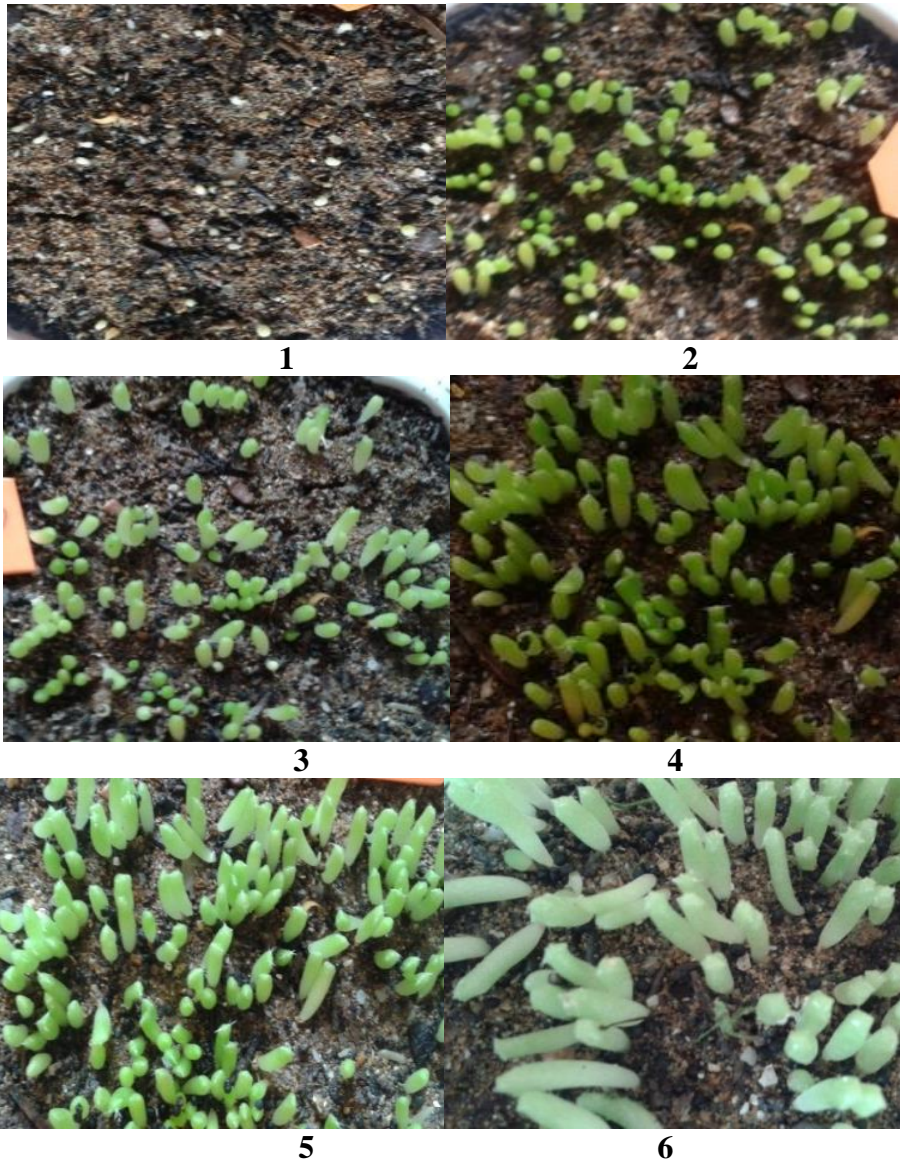
Echinopsis mirabilis-in Mərkəzi Nəbatat Bağının kolleksiyasında becərilən bitkilərindən toplanmış təzə toxumlar oranjerəyə və laboratoriya şəraitində qum və torf qarışığından (2:1 nisbətində) ibarət olan substrata səpilmişdir. Aparılmış biomorfoloji analiz nəticəsində öyrənilən növün inkişaf tsiklini aşağıdakı mərhələlərə bölmək olar: latent dövrü, virginil dövrü, generativ dövrü, senil dövrü.

Latent dövrü. Meyvəsi qurudur, uzunluğu $4,03 \pm 0,02$ sm, eni $0,62 \pm 0,03$ sm-dir. Meyvə yetişən zaman çatlayır və bu zaman onun təpəsində çiçəyin qalıqları qalır. Bir bitkidə 3 ± 1 meyvə, bir meyvədə 145 ± 2 toxum olur. Toxumları yumru, boz, xallı, tutqun, səthi girintili-çixıntılı olub, uzunluğu $1,43 \pm 0,03$ mm, eni $1,54 \pm 0,02$ mm-dir və sakitlik (latent) dövrünə malik deyil.

Virginil dövrü. *Echinopsis mirabilis* üçün yerüstü cücərmə tipi xarakterikdir (Şək. 1). Hipokotil yaşılıdır. Ləpə yarpaqları qabarcıq şəkilində zəif ifadə olunmuşdur. İlk tikanların əmələ gəlməsi yuvenil yaş dövrünün başlanğıcına uyğun gəlir. Yuvenil bitki ləpə yarpağını qoruyub saxlayır. Ləpə yarpağının yaşama müddəti 23 ± 3 gündür.

İmmatur bitki üçün ləpə yarpağının quruması xarakterikdir. Bu mərhələdə vegetativ kütlənin intensiv artması baş verir. Virginil bitkinin gövdəsinin epidermisi qəhvəyi-yaşıl rəngdədir. Tikanların rəngi isə açıq qəhvəyidən qara qəhvəyi rəngə qədər dəyişir.

Virginil dövr iki il davam edir.



Şək. 1. *Echinopsis mirabilis*-in toxumdan cücərməsinin müxtəlif mərhələləri.
1 – toxumun cücərməsi, 2-6 – cücərtilərin
əmələ gəlməsi və formalaşması.

Generativ dövrü. Generativ bitkinin gövdəsinin hündürlüyü $6,4 \pm 0,41$ sm-ə, diametri isə $1,6 \pm 0,03$ sm-ə çatır. Çiçəkləri ətirli, ağ rəngdə olub, gecə açır. Çiçəklərin uzunluğu $7,43 \pm 0,30$ sm-ə qədər olur. İyun-iyul ayları çiçəkləyir. Meyvə əmələ gətirir. Toxumları öz-özünə tozlanma yolu ilə əmələ gəlir. Meyvələri avqust-sentyabr aylarında yetişir.

Generativ dövr üç-dörd il davam edir.

Senil dövrü. İnkişafının beşinci-altıncı ilindən başlayaraq böyümə və çiçəkləmə qabiliyyətini itirməyə başlayır (böyümə şəraitindən asılı olaraq).

Beləliklə, *Echinopsis mirabilis* növünü *Cactaceae* fəsiləsi bitkilərinin böyük həyat tsiklinin xüsusiyyətlərini öyrənmək üçün bir model obyekt kimi tövsiyə etmək olar.

ƏDƏBİYYAT

1. Гасымов Ш.Н., Тахмазова Д.Н. Экологические принципы интродукции семейства *Cactaceae* Juss. в закрытых грунтах на Апшероне / Сборник материалов V Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы биологической и химической экологии» Москва: ИИУ МГОУ, 2016, с.16-20
2. Куперман Ф.М. Морфофизиология растений. М.: Высш. шк., 1968, 223 с.
3. Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений: Жизненные формы покрытосеменных и хвойных. М.: Высшая школа, 1962, 378 с.
4. Скрипчинский В.В., Дударь Ю.А., Скрипчинский Вл.В. и Шевченко Г.Т. Методика изучения и графического изображения морфогенеза монокарпического побега и ритмов сезонного развития травянистых растений. // Труды Ставропольского НИИ СХ, Ставрополь, 1970, Ч.2, вып. 10, с. 3-15
5. Тахмазова Д.Н., Исламова З.Б., Гасымов Ш.Н. Фенология некоторых видов рода *Opuntia*(Tournef.) Mill. (*Cactaceae*Juss.) в условиях закрытого грунта на Апшероне // Вестник Московского Государственного Областного Университета. Серия «Естественные науки». М.: Изд-во МГОУ, 2017, №4, с.69-75
6. Тахмазова Д.Н., Гасымов Ш.Н., Исламова З.Б. Выращивание некоторых видов кактуса в закрытом грунте ЦБС НАН Азербайджана / Сборник материалов III Международной научно-практической конференции «Экология биосистем: проблемы изучения, индикации и прогнозирования», Астрахань, 2017, с.206-210.
7. Carlos Luis Spegazzini. *Cactacearum Platensium Tentamen* // *Anales del Museo Nacional de Buenos Aires*. 1905, T.3, № 4, pp.489-490
8. Christenhusz M.J.M. & Byng J.W. The number of known plants species in the world and its annual increase. *Phytotaxa*, 2016, 261 (3): 201-217
9. Goettsch B, et al. High proportion of cactus species threatened with extinction. *Nature Plants* 1, 2015, (art. 15142)
10. Hershkovitz M.A., Zimmer E.A. On the evolutionary origins of the cacti. *Taxon*, 1997, v.46, No.2, pp.217-232
11. Moreira-Muñoz, A. *Cactaceae, a Weird Family and Postmodern Evolution*. *Plant and Vegetation*, 2010, pp.197-220
12. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Кактусовые>

YAZI QAYDALARI

- “Pedaqoji Universitetin Xəbərləri” dövrü elmi jurnalının “Riyaziyyat və təbiət elmləri” seriyası əvvəllər nəşr olunmamış elmi məqalələri qəbul edir.
- Məqalələr **Azərbaycan, ingilis, türk və rus** dillərində jurnalın elektron ünvanına – **jmns@adpu.edu.az, a_zamanov@mail.ru** göndərilir.
- Məqalələr **Microsoft Word** proqramında Times New Roman şrifti ilə 12 pt. ölçüdə 1,0 intervalla yazılmalıdır. Səhifə ölçüləri: sağdan və soldan 2,0 sm, yuxarıdan 2,5 sm, aşağıdan 2,2 sm olmalıdır.
- **Başlıq** ortada qara və böyük hərflərlə yazılmalıdır.
- Məqalənin quruluşu aşağıdakı bölümlərdən ibarət olmalıdır: müəllifin adı, ata adı və soyadı, iş yeri, elmi dərəcəsi və elmi adı, üç dildə açar sözlər və xülasə (100-150 sözdən ibarət, 11 pt. ilə) ədəbiyyat siyahısı. Hər üç dildə yazılmış xülasələr bir-birinin eyni olmalı və məqalənin məzmununa uyğun olmalıdır.
- Məqalələrdə verilən **şəkil, rəsm, qrafik və cədvəllər** düzgün, aydın və mətn içərisində olmalı, onlara aid olan yazılar altında yazılmalıdır.
- **İstinadlar** mətn içərisində kvadrat mötərizədə göstərilməklə məqalənin sonunda əlifba ardıcılığı ilə nömrələnməlidir. Məsələn: [1, s.8].
- Ədəbiyyat siyahısında verilən hər bir istinad haqqında məlumat tam və dəqiq olmalıdır. İstinad olunan mənbənin bibliografik təsviri onun növündən (monoqrafiya, dərslik, elmi məqalə və s.) asılı olaraq verilməlidir. Simpozium, konfrans materiallarına və ya tezislərinə istinad edilərkən məqalə və ya tezis adı göstəriməlidir.
- Məqalələrin həcmi: 5-12 səhifə.
- Məqalələr mütəxəssis rəyi (məxfi olaraq) əsasında jurnalın redaksiya heyətinin qərarı ilə çap olunur. Redaksiya düzəlişlər etmək üçün məqaləni müəllifə qaytara bilər.
- Məqalədə gedən hər hansı bir elmi yenilik, tezis və s. üçün müəllif şəxsən məsuliyyət daşıyır.
- Jurnalda dərc olunmayan məqalələr geri qaytarılmır.

WRITING RULES

- “Mathematical and natural sciences” series of the periodic scientific journal “Transactions of Pedagogical University” accepts previously unpublished scientific articles.
- The articles can be sent in **Azerbaijani, English, Turkish and Russian** languages to the journal’s electron address – **jmns@adpu.edu.az, a_zamanov@mail.ru**.
- Articles should be written in **Microsoft Word** writing program Times New Roman alphabet in the font size 12 punto with interval between line in the range of 1.0 characters. Page sizes: from the right and left 2.0 sm, from above 2.5 sm and the bottom 2.2 sm.
- **The title** should be written in black and capital letters in the middle.
- The structure of the article should be consist of the following format: author's first name/patronymic/last name, position, scientific degree and title, a summary and the key words in three languages (100-150 words, 11 punto) and the list of literature. Summaries written in three languages should be equal to each other and match the content of the article.
- **The drawings, pictures, graphics and tables** in the articles should be correct, clear and given in the text and writings that belong to them should be written underneath.
- References indicating in square brackets should be numbered in alphabetical order and given at the end of the article. For example: [1, 8]
- Information about any reference given on the list of literature must be complete and accurate. The bibliographic description of the source reference should be based on its kind (monographs, textbooks, scientific papers, etc.). The name of the article or thesis must be shown when referring to the symposium, conference materials or to the theses.
- The volume of the articles: 5-12 pages.
- Articles are published on the basis expert review (in confidence) by the decision of the Editorial Board of the journal. Editorial Board may return the article to the author to make corrections.
- Unpublished articles are not returned.

Nəşriyyatın direktoru: Hüseyn Hacıyev
Texniki redaktor: Mustafa Şəfiyev
Korrektor: Sevinc Mamoyeva

Çapa imzalanmışdır: 25.04.2020
Kağız formatı $70 \times 100^{1/16}$, 11,0 ç.v.
Sifariş 133, sayı 200

ADPU-nun mətbəəsi
Bakı, Ü.Hacıbəyli, 68