



SUMQAYIT DÖVLƏT UNIVERSİTETİ

СУМГАИТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

SUMQAYIT STATE UNIVERSITY

# ELMI XƏBƏRLƏR

## НАУЧНЫЕ ИЗВЕСТИЯ

### SCIENTIFIC NEWS

ISSN 1680 - 1245

Print

ISSN 2706 - 719X

Online

### TƏBİƏT VƏ TEXNİKİ ELMLƏR BÖLMƏSİ

СЕРИЯ: ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

SERIES FOR NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES



Cild  
Tom  
Volume

23 №3

Sumqayıt

2023

ISSN 2706-719X (Online)  
ISSN 1680-1245 (Print)



SUMQAYIT DÖVLƏT UNIVERSİTETİ  
СУМГАИТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
SUMGAYIT STATE UNIVERSITY

---

# ELMİ XƏBƏRLƏR

---

# НАУЧНЫЕ ИЗВЕСТИЯ

---

# SCIENTIFIC NEWS

---

*Təbiət və texniki elmlər bölməsi*  
*Серия: Естественные и технические науки*  
*Series for Natural and Technical Sciences*

---

---

*Cild 23*

*2023*

*№ 3*

---

---

Sumqayıt – 2023

**Sumqayıt Dövlət Universiteti**  
**Elmi xəbərlər. Təbiət və texniki elmlər bölməsi**

**REDAKSIYA HEYƏTİ**

|                               |                                                  |
|-------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Baş redaktor</b>           | <b>Rüfət Əzizov, k.f.d., rektor</b>              |
| <b>Baş redaktorun müavini</b> | <b>Elşad Abdullayev, dos., rektorun müşaviri</b> |
| <b>Məsul katib</b>            | <b>Fikrət Feyziyev, prof., kafedra müdiri</b>    |

**REDAKSIYA HEYƏTİNİN ÜZVLƏRİ**

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fizika</b>            | <b>Albert Qilmutdinov, akad. (Rusiya), Seong-Cho Yu, prof. (Cənubi Koreya), Süleyman Özçelik, prof. (Türkiyə), Kazimir Yanuşkeviç, prof. (Belarusiya), Kamil Sabitov, prof. (Rusiya), Kamil Mənsimov, prof. (Azərbaycan), Məhəmmədali Zərbəliyev, prof. (məsul redaktor, Azərbaycan), Həmidulla Aslanov, prof. (Azərbaycan), Məmməd Yaqubov, prof. (Azərbaycan), Vaqif Salmanov, prof. (Azərbaycan), Rəşid Əliyev, r.e.d. (Azərbaycan), Tamella Əhmədova, dos. (Azərbaycan), Zəfər Hüseynov, dos. (Azərbaycan), Xəlidə Həsənova, dos. (Azərbaycan)</b>                                                                                            |
| <b>Riyaziyyat</b>        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Kimya elmləri</b>     | <b>Ramil Baxtizin, akad.(Rusiya), Vaqif Abbasov, akad.(Azərbaycan), Dilqəm Tağıyev, akad. (Azərbaycan), Məhəmməd Babanlı, AMEA-nın müxbir üzvü, prof. (Azərbaycan), Tatyana Prosoçkina, prof. (Rusiya), Eldar Əhmədov, prof. (Azərbaycan), Əkbər Ağayev, prof. (Azərbaycan), Qafar Ramazanov, prof. (məsul redaktor, Azərbaycan), Muxtar Səmədov, prof. (Azərbaycan), Mahal Muradov, dos. (Azərbaycan).</b>                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Biologiya elmləri</b> | <b>Elşad Qurbanov, AMEA-nın müxbir üzvü, prof. (Azərbaycan), Pənah Muradov, AMEA-nın müxbir üzvü, prof. (Azərbaycan), Vladimir Prokofyev, prof. (Rusiya), Əli Əliyev, prof. (Azərbaycan), Ulduz Həşimova, prof. (Azərbaycan), Səlia Bell, dos.( İngiltərə), Arzu Baxşalıyev, dos. (məsul redaktor, Azərbaycan).</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Coğrafiya elmləri</b> | <b>Vladimir Kozodyorov, prof. (Rusiya), Anatoliy Yamaşkin, prof. (Rusiya), Tahir Ağayev, prof. (Azərbaycan), Niyaz Valiyev, prof. (Rusiya), Yaqub Qəribov, prof. (Azərbaycan), Məhəmməd Abduev, dos. (Azərbaycan), İlham Mərdanov, dos. (Azərbaycan).</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Texnika elmləri</b>   | <b>Telman Əliyev, akad. (Azərbaycan), Ağası Məlikov, AMEA-nın müxbir üzvü, prof. (Azərbaycan), Nail Kaşapov, EA-nın müxbir-üzvü, prof. (Rusiya), Nikolay Korovkin, prof. (Rusiya), Yevgeniy Moşev, prof.(Rusiya), Aleksandr Qolenişev-Kutuzov, prof. (Rusiya), Mixail Verxoturov, prof. (Rusiya), Leonid Ponomarenko, prof. (Ukrayna), Vladimir Qvozdev, prof.(Rusiya), Aqil Hüseynov, prof. (Azərbaycan), Məhəmməd Əhmədov, prof. (Azərbaycan), Cavanşir Məmmədov, prof. (məsul redaktor, Azərbaycan), İqor Korshunov, dos. (Rusiya), Georgios Dafoulas, dos.(İngiltərə), Qadir Mənsurov, dos.(Azərbaycan), Ulduz Ağayev, dos. (Azərbaycan).</b> |

**Сумгаитский государственный университет**  
**Научные известия. Серия: Естественные и технические науки**

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

|                                |                                                   |
|--------------------------------|---------------------------------------------------|
| <b>Главный редактор</b>        | <b>Руфат Азизов, д.ф.х., ректор</b>               |
| <b>Зам. Главного редактора</b> | <b>Эльшад Абдуллаев, доц., советник ректора</b>   |
| <b>Ответственный секретарь</b> | <b>Фикрат Фейзиев, проф., заведующая кафедрой</b> |

**ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ**

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Физика</b>     | <b>Альберт Гильмутдинов, akad. (Россия), Сеонг-Чу Ю, проф. (Южная Корея), Сулейман Озчелик, проф. (Турция), Казимир Янушкевич, проф. (Белоруссия), Камил Сабитов, проф. (Россия), Камил Мансимов, проф. (Азербайджан), Магомедали Зарбалиев проф. (отв. ред., Азербайджан), Гамидулла Асланов, проф. (Азербайджан), Мамед Ягубов, проф. (Азербайджан), Вагиф Салманов, проф. (Азербайджан), Рашид Алиев, к.м.н. (Азербайджан), Тамелла Ахмедова, доц. (Азербайджан), Зафар Гусейнов, доц. (Азербайджан), Халида Гасанова, доц. (Азербайджан)</b> |
| <b>Математика</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Химия.</b>     | <b>Рамиль Бахтизин, akad. (Россия), Вагиф Аббасов, akad. (Азербайджан), Дильгам Тагиев, akad. (Азербайджан), Махаммад Бабанлы, член-корр.НАНА, проф. (Азербайджан), Татьяна Просочкина, проф. (Россия), Ельдар Ахмедов,</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                          | <i>проф. (Азербайджан) Акбер Агаев, проф. (Азербайджан), Гафар Рамазанов, проф. (отв. ред., Азербайджан), Мухтар Самедов, проф. (Азербайджан), Махал Мурадов, доц. (Азербайджан).</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Биология</b>          | <i>Эльшад Гурбанов, член-корр. НАНА, проф. (Азербайджан), Панах Мурадов, член-корр. НАНА, проф. (Азербайджан), Владимир Прокофьев, проф. (Россия), Али Алиев, проф. (Азербайджан), Улдуз Гашимова, проф. (Азербайджан), Селиа Белл, доц., (Англия), Арзу Бахшалиев, доц. (отв. ред., Азербайджан).</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>География</b>         | <i>Владимир Козодёров, проф. (Россия), Анатолий Ямашкин, проф. (Россия), Таир Агаев, проф. (Азербайджан), Нияз Валиев, проф. (Россия), Ягуб Гарибов, проф. (Азербайджан), Магомед Абдуев, доц. (Азербайджан), Ильхам Марданов, доц. (Азербайджан).</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Технические науки</b> | <i>Тельман Алиев, акад. (Азербайджан), Агаси Меликов, член-корр. НАНА, проф. (Азербайджан), Наиль Кашапов, проф. (Россия), Николай Коровкин, проф. (Россия), Евгений Мошев, проф. (Россия), Александр Голенищев-Кутузов, проф. (Россия), Михаил Верхотуров, проф. (Россия), Леонид Понаморенко, проф. (Украина), Владимир Гвоздев, проф. (Россия), Агиль Гусейнов, проф. (Азербайджан), Махаммад Ахмедов, проф. (Азербайджан), Джаваншир Мамедов, проф. (отв. ред., Азербайджан), Игорь Коршунов, доц. (Россия), Георгиус Дафоулас, доц. (Англия), Гадир Мансуров, доц. (Азербайджан), Улдуз Агаев, доц. (Азербайджан).</i> |

## Sumgayit State University Scientific News. Series for Natural and Technical Sciences

### EDITORIAL STAFF

|                                  |                                                            |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------|
| <b>Editor in Chief</b>           | <b>Rufat Azizov, PhD, rector</b>                           |
| <b>Deputy of Editor in Chief</b> | <b>Elshad Abdullayev, ass.prof., advisor to the rector</b> |
| <b>Executive Secretary</b>       | <b>Fikrat Feyziyev, prof., Head of the Department</b>      |

### MEMBERS OF EDITORIAL STAFF

|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Physics</b>               | <b>Albert Gilmutdinov, acad. (Russia), Seong-Cho Yu, prof. (South Korea),</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Mathematics</b>           | <b>Suleyman Ozchelikh, prof. (Turkey), Kazimir Yanushkevich, prof. (Belarus), Kamil Sabitov, prof. (Russia), Kamil Mansimov, prof. (Azerbaijan), Mahammadali Zarbaliyev, prof. (executive editor, Azerbaijan), Hamidulla Aslanov, prof. (Azerbaijan), Mammad Yagubov, prof. (Azerbaijan), Vagif Salmanov, prof. (Azerbaijan), Rashid Aliyev, assoc.prof. (Azerbaijan), Tamella Ahmadova, assoc.prof. (Azerbaijan), Zafar Huseynov, assoc.prof. (Azerbaijan), Khalida Hasanova, assoc.prof. (Azerbaijan)</b>                                                                                                                                     |
| <b>Chemical sciences</b>     | <b>Ramil Bakhtizin, acad.(Russia), Vagif Abbasov, acad.(Azerbaijan), Dilgham Taghiyev, acad. (Azerbaijan), Mahammad Babanli, prof. (Azerbaijan), Tatyana Prosochkina, prof. (Russia), Eldar Ahmadov, prof. (Azerbaijan), Akbar Aghayev, prof. (Azerbaijan), Gafar Ramazanov, prof. (executive editor, Azerbaijan), Mukhtar Samadov, prof. (Azerbaijan), Mahal Muradov, assoc.prof. (Azerbaijan).</b>                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Biological sciences</b>   | <b>Elshad Qurbanov, prof. (Azerbaijan), Panah Muradov, prof. (Azerbaijan), Vladimir Prokofyev, prof. (Russia), Ali Aliyev, prof. (Azerbaijan), Ulduz Hashimova, prof. (Azerbaijan), Selia Bell, assoc.prof. (England), Arzu Baxshaliyev, assoc.prof. (executive editor), (Azerbaijan).</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Geographical sciences</b> | <b>Vladimir Kozodyorov, prof. (Russia), Anatoliy Yamashkin, prof. (Russia), Tahir Aghayev, prof. (Azerbaijan), Niyaz Valiyev prof. (Russia), Yagub Garibov, prof. (Azerbaijan), Mahammad Abduev, assoc.prof. (Azerbaijan), Ilham Mardanov, assoc.prof. (Azerbaijan).</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Technical sciences</b>    | <b>Telman Aliyev, acad. (Azerbaijan), Aghasi Malikov, prof. (Azerbaijan), Nail Kashapov, prof. (Russia), Nikolay Korovkin, prof. (Russia), Yevgeniy Moshev, prof. (Russia), Aleksandr Golenishev-Kutuzov, prof. (Russia), Mixail Verxoturov prof., (Russia), Leonid Ponomarenko, prof. (Ukraine), Vladimir Gvozdev, prof. (Russia), Agil Huseynov, prof. (Azerbaijan), Mahammad Ahmadov, prof. (Azerbaijan), Javanshir Mammadov, prof. (executive editor), (Azerbaijan), Igor Korshunov, assoc.prof. (Russia), Georgios Dafoulas, assoc.prof. (England), Gadir Mansurov, assoc.prof. (Azerbaijan), Ulduz Aghayev, assoc.prof. (Azerbaijan).</b> |

**Təsisçi: Sumqayıt Dövlət Universiteti**

“Elmi Xəbərlər. Təbiət və texniki elmlər bölməsi” jurnalı Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirinin 27.10.2000-ci il tarixli, 991 sayılı əmrinə əsasən nəşr edilir.

Azərbaycan Respublikası Ədliyyə Nazirliyi tərəfindən qeydiyyatda alınmışdır.

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının qərarı ilə elmi nəşrlər siyahısına daxil edilmişdir.

Jurnal Rusiya Elmi İstinad İndeksinə (REİİ) daxil edilmişdir (müqavilə № 408-10/2019)

[https://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=73721](https://elibrary.ru/title_about.asp?id=73721)

Məqalələrin tərtibatı qaydaları ilə jurnalın rəsmi saytında <https://www.ssu-scientificnews.edu.az/az> tanış olmaq olar.

**Учредитель: Сумгаитский государственный университет**

Журнал «Научные Известия. Серия: Естественные и технические науки» издается на основании приказа № 991 Министра Образования Азербайджанской Республики от 27.10.2000-го года.

Зарегистрирован Министерством Юстиции Азербайджанской Республики.

Включен в список научных изданий Высшей Аттестационной Комиссии при Президенте Азербайджанской Республики.

Журнал включен в Российский Индекс Научного Цитирования (РИНЦ. Договор № 408-10/2019)

[https://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=73721](https://elibrary.ru/title_about.asp?id=73721)

С правилами оформления статей можно ознакомиться на официальном сайте журнала

<https://www.ssu-scientificnews.edu.az/az>.

**Founder: Sumgayit State University**

The Journal of "Scientific News. Series for Natural and Technical Sciences" is published due to the order № 991 of the Minister of Education of the Republic of Azerbaijan from 27.10.2000.

It has been registered by the Ministry of Justice of the Republic of Azerbaijan.

It has been included to the list of scientific publications of the Supreme Attestation Commission under President of the Republic of Azerbaijan

The journal is included in the Russian Scientific Citation Index (RSCI. Contract № 408-10/2019)

[https://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=73721](https://elibrary.ru/title_about.asp?id=73721)

The rules for the design of articles can be found on the official website of the journal

<https://www.ssu-scientificnews.edu.az/az>.

УДК.539.374

DOI 10.54758/16801245\_2023\_23\_3\_4

## ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВОЛН В ПОЛОСЕ С УЧЕТОМ РЕОЛОГИИ СРЕДЫ ПРИ МАЛОЙ ВЯЗКОСТИ

<sup>1</sup>КУРБАНОВ НАБИ ТАПДЫГ оглу [ORCID](#)<sup>2</sup>БАБАДЖАНОВА БЮСАЛЯ ГАМЗА ГЫЗЫ [ORCID](#)<sup>3</sup>АЛИЕВА УЛЬВИЯ САНГАН ГЫЗЫ [ORCID](#)

Сумгаитский государственный университет, Азербайджан,

1- профессор, 2- доцент, 3- старший преподаватель

**Ключевые слова:** слой, вязкоупругость, реология, ядро, оригинал, изображение, преобразование усреднения, экспонента, модель.

**Введение.** В статье решена задача о распространении нестационарных динамических волн в вязкоупругом слое при малой вязкости с помощью интегрального преобразования Лапласа. Решение построено в виде ряда и доказана его сходимости. Показано, что это решение можно получить разложением экспоненциальной функции в ряд с применением к каждому члену ряда формулы для дробной степени операторов.

Задача о распространении нестационарных волн в реологических средах при произвольных наследственных функциях относится к актуальным и математически сложным задачам математической физики и механики. Если материал среды является неоднородным, тогда сложности данных задач становятся всё больше. Аналогичные задачи исследованы в работах [1,4] для конкретной модели. В данной работе задачи исследованы для материалов, свойства которых описываются дробно-экспоненциальным ядром Работнова, а решение находится численно [5].

В данной работе исследуется задача о распространении нестационарных волн в полосе с учетом вязкости материала и решение находится для произвольных наследственных функций [3].

Пусть к поверхности  $x = 0$  вязкоупругого слоя при  $t = 0$  приложена нагрузка

$$\sigma_{xx} = \sigma_0 f(t) \quad (1)$$

где  $\sigma_0 = \text{const}$ ,  $f(t)$  - заданная функция, характеризующая внешнюю нагрузку [2,6].

Считаем, что при  $t < 0$  система находится в покое. Тогда задача математически сводится к решению системы интегро-дифференциальных уравнений [3,4].

$$\frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} = \rho \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial t^2} \quad (2)$$

$$\sigma_{xx}(x, t) = \int_0^t [R_1(t - \tau) + \frac{2}{3} R(t - \tau)] d\left(\frac{\partial u(x, t)}{\partial x}\right) \quad (3)$$

начальные условия будут следующими:

$$u(x, t) = \frac{\partial u(x, t)}{\partial t} = 0 \quad \text{при} \quad t = 0 \quad (4)$$

Граничные условия принимаем в виде:

$$u(x, t) = 0 \quad \text{при} \quad x = H \quad (5)$$

$\sigma_{xx}(x, t)$  - напряжение,  $\varepsilon = \frac{\partial u(x, t)}{\partial x}$  - деформация,  $R_1(t)$  и  $R(t)$  – функции сдвиговой и объемной релаксации.

Применяя интегральные преобразования Лапласа по времени  $t$  к уравнению (2) с учетом условий (3) и (4) получаем изображение решения в виде [4].

$$\bar{u}(x, p) = A \exp \left( -px \sqrt{\frac{\rho}{p\bar{R}_1 + \frac{2}{3} p\bar{R}}} \right) + B \exp \left( px \sqrt{\frac{\rho}{p\bar{R}_1 + \frac{2}{3} p\bar{R}}} \right) \quad (6)$$

где  $A$  и  $B$  - постоянные интегрирования,  $\bar{u}(p, x)$  - изображение по Лапласу функции  $\bar{u}(x, t)$ ,  $p\bar{R}_1$  и  $p\bar{R}$  – изображения функций  $R_1(t)$  и  $R(t)$  соответственно.

Предположим, что коэффициент Пуассона  $\nu$  является постоянным, [5]

$$R_1(t) = \eta R(t), \quad \eta = \frac{1+\nu}{3(1-2\nu)}$$

тогда

$$\sqrt{\frac{\rho}{p\bar{R}_1 + \frac{2}{3} p\bar{R}}} = \frac{1}{G} \sqrt{\frac{R(0)}{p\bar{R}(p)}}$$

Поэтому

$$\bar{u}(x, p) = A \exp \left( -\frac{px}{c} \sqrt{\frac{R_0}{p\bar{R}}} \right) + B \exp \left( \frac{px}{c} \sqrt{\frac{R_0}{p\bar{R}}} \right) \quad (7)$$

$$\text{где } c = \sqrt{\frac{R_1(0) + \frac{2}{3} R(0)}{\rho}}; \quad R_1(0) = k; \quad R(0) = 2G; \quad K = \frac{E}{3(1-2\nu)}; \quad G = \frac{1}{2(1+\nu)}$$

Определяем коэффициенты  $A$  и  $B$  из граничных условий (1) и (5) и поставив в решение (7) получаем

$$\begin{aligned} \bar{u}(x, p) = & \frac{\sigma_0 \sqrt{R_0} \bar{f}(p)}{c \rho \sqrt{p\bar{R}}^p} \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \left\{ \exp \left[ -\frac{p}{c} \sqrt{\frac{R_0}{p\bar{R}}} ((2n+1)H - x) \right] - \right. \\ & \left. - \exp \left[ -\frac{p}{c} \sqrt{\frac{R_0}{p\bar{R}}} (2nH + x) \right] \right\}. \end{aligned} \quad (8)$$

Это есть точное изображение решения поставленной задачи.

Отсюда видно, что вычисление оригинала решений сводится к определению оригинала следующей функции:

$$\bar{\varphi}_i(x, p) = \frac{\bar{f}(p)}{p} e^{-\frac{\alpha_i p}{c} \sqrt{\frac{R_0}{p\bar{R}}}} \quad (i=1,2) \quad (9)$$

Здесь введены следующие обозначения  $\alpha_1 = (2n+1)H - x$ ;  $\alpha_2 = 2nH + x$

Представляем экспоненциальную функцию в виде интеграла Фурье [1,5,6] с учетом  $p\bar{R} = E_0(1 - \varepsilon\bar{\Gamma}(p))$ .

$$\bar{\varphi}_i(x, p) = \frac{2\bar{f}(p)}{\pi} \int_0^\infty \frac{\cos\left(\frac{\lambda\alpha_i}{c}\right) d\lambda}{p^2 + \lambda^2 - \varepsilon\lambda^2\bar{\Gamma}(p)} \quad (10)$$

Учитывая, что  $\left| \frac{\varepsilon\lambda^2\bar{\Gamma}(p)}{p^2 + \lambda^2} \right| < 1$ .

Разлагаем подынтегральную дробь в ряд: [1,4]

$$\bar{\varphi}_i(x, p) = \frac{2\bar{f}(p)}{\pi} \int_0^\infty \left\{ \frac{1}{p^2 + \lambda^2} + \frac{\varepsilon\bar{\Gamma}(p)}{(p^2 + \lambda^2)^2} + \dots + \frac{(\varepsilon\lambda^2\bar{\Gamma}(p))^m}{(p^2 + \lambda^2)^{m+1}} \right\} \cos\left(\frac{\alpha_i\lambda}{c}\right) d\lambda$$

Вычисляем интеграл и получаем:

$$\begin{aligned} \bar{\varphi}_i(x, p) = \frac{2\bar{f}(p)}{\pi} & \left\{ \frac{\pi}{2p} e^{-\frac{\alpha_i p}{c}} + \sqrt{\pi} \left( \frac{\alpha_i}{2cp} \right)^{3/2} \frac{1}{\Gamma(2)} K_{3/2} \left( \frac{\alpha_i p}{c} \right) \varepsilon\bar{\Gamma}(p) + \right. \\ & \left. + \dots + \sqrt{\pi} \left( \frac{\alpha_i}{2cp} \right)^{m+\frac{1}{2}} \frac{1}{\Gamma(m)} K_{m+\frac{1}{2}} \left( \frac{p\alpha_i}{c} \right) (\varepsilon\bar{\Gamma}(p))^m + \dots \right\} \end{aligned}$$

где  $\Gamma(n)$  – гамма-функция Эйлера.  $K_\nu(z)$  – функция Макдональда.

Учитывая, что [6]

$$K_\nu(z) = \sqrt{\frac{\pi}{2z}} e^{-z} \left( 1 + \frac{4\nu^2 - 1}{8z} + \dots \right)$$

Из последнего уравнения получаем:

$$\varphi_i(x, p) = f(p) e^{-\frac{p\alpha_i}{c}} \left[ \frac{1}{p^2} + \frac{1}{2^2} \frac{\alpha_i}{c} \frac{\varepsilon\bar{\Gamma}(p)}{p^2} + \dots + \frac{1}{2^m m!} \left( \frac{\alpha_i}{c} \right)^m \frac{(\varepsilon\bar{\Gamma}(p))^m}{p^{m+1}} + \dots \right] \quad (11)$$

Применяя обратное преобразование Лапласа к последнему уравнению находим: [1,6]

$$\varphi_i(x, t) = f(t) * \left\{ H\left(t - \frac{\alpha_i}{c}\right) + \frac{1}{2^2} \varepsilon\Gamma_1(t) \frac{\alpha_i}{c} + \dots + \frac{1}{2^m m!} \left( \frac{\alpha_i}{c} \right)^m \varepsilon^m \Gamma_m(t) + \dots \right\} \quad (12)$$

где  $\Gamma_1(t) = \Gamma(t)$ ;  $\Gamma_2(t) = \int_0^t \Gamma(t-\tau) d\tau$ ; ...  $\Gamma_m(t) = \int_0^t \Gamma(t-\tau) \Gamma_{m-1}(\tau) d\tau$ ;  $H(t)$  – функция Хевисайда.

Учитывая (11) в уравнении (8) получаем оригинал решения поставленной задачи в следующем виде

$$u(x, t) = \frac{\sigma_0}{\rho c} \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n [\varphi_1(\alpha_1, t) - \varphi_2(\alpha_2, t)].$$

Отметим, что в ряде (11) или (12) первый член является решением соответствующей аналогичной упругой задачи, остальные члены ряда возникают за счет вязкоупругого свойства материала слоя. Из уравнения (11) можем установить, что отношение абсолютных значений членов этого ряда для всех конечных значениях  $x$  и при больших значениях  $|p|$  меньше единицы. Это показывает, что ряд (11) является абсолютно сходящим рядом при  $|p| \gg 1$  и равномерно сходится относительно  $x \in [0, \infty)$ .

### Выводы

1. Решена задача о распространении динамических волн в слое для произвольных наследственных функции при малой вязкости
2. Решение задачи построено в виде ряда и доказано его сходимости при  $x \in [0, \infty)$  и  $|p| \gg 1$ .
3. Показано, что первый член ряда решений соответствует аналогичной упругой задаче, а остальные члены возникают за счет свойства материала среды.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Kurbanov N.T., Babajanova V.G. An Investigation of the longitudinal fluctuation of visco elastic cores. USA, Life Sciens Journal 2014;11(9), page 557-561
2. Сабитов К.Б., Фадеева О.В. Начально-граничная задача для уравнения вынужденных колебаний консольной балки. Вест.Самар.гос.тех.ун-та. Сер.физ.-мат.науки. 2021, том 25, №1, с.51-66
3. Хващевская Л.Ф. Распределенное управление колебаниями вязкоупругой балки. Вест.Ир.ГТУ-та, №6, 2010, с.12-15
4. Ильясов М.Х. Нестационарные вязкоупругие волны. Баку, 2011. «Азербайджан Хава Йоллары», 330 с.
5. Шитикова М.В. Обзор вязкоупругих моделей с операторами дробного порядка используемых в динамических задачах механики твердого тела. Изв. РАН МТТ, 2022, №1, с.3-40.
6. Seyfullayeva, X. İ. S. Q. Nazik lövhənin rəqsləri tənliyi üçün bir idarəolunma məsələsi / X. İ. S. Q. Seyfullayeva // Elmi xəbərlər. Təbiət və Texniki Elmlər Bölməsi. – 2021. – Vol. 21, No. 2. – P. 13-16. – EDN CLQHICY. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46287056>

### XÜLASƏ

#### ÖZLÜLÜYÜ AZ OLAN REOLOJİ LAYDA QƏRARLAŞMAYAN DALĞALARIN YAYILMASININ TƏDQIQI *Gurbanov N.T., Babacanova V.H., Əliyeva Ü.S.*

**Açar sözlər:** lay, özlüelastiklik, reologiya, nüvə, orjinal, təsvir, ortalaşma çevirməsi, eksponenta, model

Məqalədə özlüelastik layda qərarlaşmayan dinamik dalğaların yayılması məsələsi özlülük kiçik olan halda Laplasın integral çevirməsinin köməyi ilə həll edilmişdir.

Məsələnin həlli sıra şəklində qurulmuş və onun yığılan olması isbat edilmişdir. Həmçinin, bu həlli eksponensial funksiyanın kəsr dərəcəli operatorlar üçün olan düsturlarından istifadə etməklə sıraya ayırmaqla da qurmaq olar.

### SUMMARY

#### STUDY OF NON-STATIONARY WAVES IN A BAND TAKEN INTO ACCOUNT FOR THE RHEOLOGY OF THE MEDIUM AT LOW VISCOSITY

*Gurbanov N.T., Babacanova V.H., Aliyeva U.S.*

**Keywords:** layer, viscoelasticity, rheology, core, original, image, averaging transformation, exponential, model.

The article solves the problem of the propagation of nonstationary dynamic waves in a viscoelastic layer at low viscosity using the integral Laplace transform. The solution is constructed in the form of a series and its convergence is proven. It is shown that this solution can be obtained by expanding the exponential function into a series and applying to each member of the series the formula for the fractional power of operators.

|                   |               |            |
|-------------------|---------------|------------|
| Daxilolma tarixi: | İlkin variant | 23.06.2023 |
|                   | Son variant   | 27.07.2023 |

YDK 519.95

DOI 10.54758/16801245\_2023\_23\_3\_8

## İKİLİK 4D – QEYRİ-XƏTTİ MODULYAR DİNAMİK SİSTEMLƏRİN ƏSAS ORTOQONAL GİRİŞ ARDICILLIQLARININ QURULMASI ALQORİTMİ

ABAYEVA NİGAR BƏHRAM qızı

Sumqayıt Dövlət Universiteti, Azərbaycan, dissertant

[abayevanigar@gmail.com](mailto:abayevanigar@gmail.com)

**Açar sözlər:** ikilik 4D – qeyri-xətti modulyar dinamik sistemlər; əsas ortoqonal giriş ardıcılıqları; xanalar fəzasında giriş ardıcılıqlarının ortoqonallaşdırılması alqoritmi; zaman fəzasında giriş ardıcılıqlarının ortoqonallaşdırılması alqoritmi.

Modulyar dinamik sistemlər (MDS-lər) və ya ardıcılıqlı maşınlar müxtəlif sahələrdə, məsələn rəqəm texnikasında, diskret məlumatların rabitə kanallarında ötürülməsi zamanı baş verən təhriflərin aşkarlanması və bərpası proseslərinin təşkilində, diaqnostika sistemlərinin qurulmasında, kriptologiyada, təsadüfi ədədlər generatorunun qurulmasında, kəsilməz və diskret idarəetmə obyektlərin idarə edilməsində, və sair sahələrdə geniş tətbiq olunurlar [1-2]. Belə tətbiqlərə görə MDS-lərin bir sıra həm fundamental və həm də tətbiqi məsələləri tədqiq edilərək əhəmiyyətli nəticələr alınmışdır. Onlara optimal idarəetmə, sistem dinamikası, idarə olunmazlıq, müşahidə olunmazlıq, dayanıqlıq, stabillik, diaqnostika olunmazlıq, dönərlik, invariantlıq, həssaslıq məsələləri [3-6 və s.], bəzi sinif idarəolunan obyektlərin Volterra polinomlarının ikiqiymətli analoqu şəklində modelləşdirilməsi [7-9 və s.] və ikilik MDS-lərin müxtəlif sinifləri üçün kvadratik meyarlı sintez məsələsi aiddir [10-12 və s.]. İkilik MDS-lərin müxtəlif sinifləri üçün kvadratik meyarlı sintez məsələsinin qurulması uyğun ikilik MDS-in ortoqonal giriş ardıcılıqlarına əsaslanır. Ona görə də hər bir ikilik MDS-in sintez məsələsini həll etmək üçün əvvəlcə onun ortoqonal giriş ardıcılıqları qurulmalıdır. Ortoqonal giriş ardıcılıqlarının qurulması məsələsi bəzi ikilik MDS-lər üçün həll olunmuşdur [13-15]. Lakin ikilik MDS-lər arasında daha güclü struktura malik 4D – qeyri-xətti modulyar dinamik sistemlər (4D – QMDS-lər) sinfi üçün ortoqonal giriş ardıcılıqlarının qurulması məsələsi sona kimi həll olunmayıb. Bu məsələnin sona kimi həll edilməsi həm nəzəri və həm də tətbiqi əhəmiyyətə malikdir.

**1. Məsələnin qoyuluşu.** Məlum  $n_0$  yaddaşına,  $P = P_1 \times P_2 \times P_3$  məhdud əlaqəsinə,  $S$  dərəcəsinə malik və Volterra polinomlarının ikiqiymətli analoqu ilə verilən ikilik 4D – QMDS - ə baxaq [7, 11-14]:

$$y[n, c_1, c_2, c_3] = \sum_{i=1}^S \sum_{v=1}^{\lambda_i} \sum_{(\bar{j}, \bar{\sigma}, \bar{\rho}) \in L_{i,v}} \sum_{\bar{\tau} \in \Gamma_{i,v}} h_{i,v}[\bar{j}, \bar{\sigma}, \bar{\rho}, \bar{\tau}] \times$$

$$\times \prod_{(\alpha, \beta, \gamma) \in Q_{i,v}} \prod_{\xi_{\alpha, \beta, \gamma}=1}^{m_{\alpha, \beta, \gamma}} v_{i,v}[n - \tau(\alpha, \beta, \gamma, \xi_{\alpha, \beta, \gamma}), c_1 + p_1(j_\alpha), c_2 + p_2(\sigma_\beta), c_3 + p_3(\rho_\gamma)], GF(2).$$

Burada

$n \in \{0, 1, 2, \dots\}$ ,  $c_\alpha \in [0, C_\alpha] \equiv \{0, 1, \dots, C_\alpha\}$ ,  $\alpha = \overline{1, 3}$ ;  $y[n, c_1, c_2, c_3]$  və  $v_{i,v}[n, c_1, c_2, c_3]$ ,  $v = \overline{1, \dots, \lambda_i}$ ,  $i = \overline{1, \dots, S}$  –  $GF(2)$  meydanı üzərində uyğun olaraq çıxış və giriş ardıcılıqlarıdır;

$P_\alpha = \{p_\alpha(1), \dots, p_\alpha(r_\alpha)\}$ ,  $-\infty < p_\alpha(1) < \dots < p_\alpha(r_\alpha) < \infty$ ,  $p_\alpha(j) \in \{\dots, -1, 0, 1, \dots\}$ ,  $j = \overline{1, r_\alpha}$ ,  $\alpha = \overline{1, 3}$ ;  $\lambda_i = |F(i)|$  ( $|F(i)|$  ilə  $F(i)$  çoxluğunun elementlərin sayı işarə olunur), harada ki,

$$F(i) = \{(\ell_1, \ell_2, \ell_3, \overline{m}) \mid \overline{m} = (m_{1,1,1}, \dots, m_{1,1,\ell_3}, m_{1,2,1}, \dots, m_{1,2,\ell_3}, \dots, m_{1,\ell_2,1}, \dots, m_{1,\ell_2,\ell_3}), \\ \sum_{\alpha=1}^{\ell_1} \sum_{\beta=1}^{\ell_2} \sum_{\gamma=1}^{\ell_3} m_{\alpha,\beta,\gamma} = i; \quad m_{\alpha,\beta,\gamma} \in \{0, \dots, n_0 + 1\}, \quad \alpha = \overline{1, \ell_1}, \beta = \overline{1, \ell_2}, \gamma = \overline{1, \ell_3}; \\ (\forall \alpha \in \{1, \dots, \ell_1\})(\exists \beta \in \{1, \dots, \ell_2\})(\exists \gamma \in \{1, \dots, \ell_3\}) \Rightarrow (m_{\alpha,\beta,\gamma} \neq 0), \\ (\forall \beta \in \{1, \dots, \ell_2\})(\exists \alpha \in \{1, \dots, \ell_1\})(\exists \gamma \in \{1, \dots, \ell_3\}) \Rightarrow (m_{\alpha,\beta,\gamma} \neq 0), \\ (\forall \gamma \in \{1, \dots, \ell_3\})(\exists \alpha \in \{1, \dots, \ell_1\})(\exists \beta \in \{1, \dots, \ell_2\}) \Rightarrow (m_{\alpha,\beta,\gamma} \neq 0); \ell_\sigma \in \{1, \dots, r_\sigma\}, \sigma = \overline{1, 3}\};$$

$$L(\ell) = L_1(\ell_1) \times L_2(\ell_2) \times L_3(\ell_3),$$

harada ki,

$$L_1(\ell_1) = \{\bar{j} = (j_1, \dots, j_{\ell_1}) \mid 1 \leq j_1 < \dots, j_{\ell_1} \leq r_1\}, \quad L_2(\ell_2) = \{\bar{\sigma} = (\sigma_1, \dots, \sigma_{\ell_2}) \mid 1 \leq \sigma_1 < \dots, \sigma_{\ell_2} \leq r_2\},$$

$$L_3(\ell_3) = \{\bar{\rho} = (\rho_1, \dots, \rho_{\ell_3}) \mid 1 \leq \rho_1 < \dots < \rho_{\ell_3} \leq r_3\};$$

$(\ell_1, \ell_2, \ell_3, \overline{m})_\nu$  yığımı  $F(i)$  çoxluğunun  $\nu$ -cü yığımıdır;

$$h_{i,\nu}[\bar{j}, \bar{\sigma}, \bar{\rho}, \bar{\tau}] \equiv h_{i,(\ell_1, \ell_2, \ell_3, \overline{m})_\nu}[\bar{j}, \bar{\sigma}, \bar{\rho}, \bar{\tau}], \quad Q_{i,\nu} \equiv Q_0(i, (\ell_1, \ell_2, \ell_3, \overline{m})_\nu), \quad \Gamma_{i,\nu} \equiv \Gamma(\ell_1, \ell_2, \ell_3, \overline{m})_\nu,$$

$$L_{i,\nu} \equiv L((\ell_1, \ell_2, \ell_3)_\nu),$$

harada ki,

$$\Gamma(\ell_1, \ell_2, \ell_3, \overline{m}) = \times_{(\alpha, \beta, \gamma) \in Q_0(i, \ell_1, \ell_2, \ell_3, \overline{m})} \Gamma_1(m_{\alpha, \beta, \gamma})$$

$$\Gamma_1(m_{\alpha, \beta, \gamma}) = \{\bar{\tau}_{\alpha, \beta, \gamma} = (\tau(\alpha, \beta, \gamma, 1), \dots, \tau(\alpha, \beta, \gamma, m_{\alpha, \beta, \gamma})) \mid 0 \leq \tau(\alpha, \beta, \gamma, 1) < \dots < \tau(\alpha, \beta, \gamma, m_{\alpha, \beta, \gamma}) \leq n_0\};$$

$$Q_0(i, \ell_1, \ell_2, \ell_3, \overline{m}) = \{(\alpha, \beta, \gamma) \mid m_{\alpha, \beta, \gamma} \neq 0, \alpha = \overline{1, \ell_1}, \beta = \overline{1, \ell_2}, \gamma = \overline{1, \ell_3}\}.$$

(1) ikilik 4D – QMDS-in giriş ardıcılıqları aşağıdakı ardıcılıqlardır:

$$\{\nu_{i,\nu}[n, c_1, c_2, c_3], n \in \{0, 1, 2, \dots\}, c_\alpha \in [0, C_\alpha], \alpha = \overline{1, 3}\}, \nu = \overline{1, \lambda_i}, i = \overline{1, S}. \quad (2)$$

[13] işində (1) ikilik 4D – QMDS-in (2) giriş ardıcılıqlarının ortoqonallığı anlayışı verilir. Həmçinin bu işdə teorem 1-də (2) giriş ardıcılıqlarının ortoqonallığı, teorem 2-də (2) giriş ardıcılıqlarının məxsusi ortoqonallığı haqqında zəruri və kafi şərtlər isbat olunur, teorem 3-də isə (2) giriş ardıcılıqlarının ortoqonallığını birlikdə təmin etmək üçün 3 kafi şərt verilir. Burada birinci şərt hər bir ortoqonal giriş ardıcılıqlarının sərbəstlik, yəni bir-biri ilə asılı olmadığı şərti, ikinci şərt hər bir ortoqonal ardıcılıqlarının təyin oblastlarının ayrı-ayrı olması şərti, 3-cü şərt isə hər bir ortoqonal giriş ardıcılıqlarının periodik ardıcılıqlar olmaları şərtidir. Bu şərtlər ortoqonal giriş ardıcılıqların qurulması üçün bir metodika əmələ gətirir.

[13] işində teorem 3-ün birinci şərti əsasında  $\bar{\nu}_{i,\nu}[n, c_1, c_2, c_3]$ ,  $\nu = \overline{1, \lambda_i}$ , qısa köməkçi ortoqonal giriş ardıcılıqları anlayışı verilir, teorem 5-də isə onların ortoqonallıqları üçün kafi şərtlər verilir.

(1) ikilik 4D – QMDS-in ortoqonal giriş ardıcılıqların qurulması metodikasına görə hər bir  $(i, \nu)$ ,  $\nu = \overline{1, \lambda_i}$ ,  $i = \overline{1, S}$ , üçün  $\bar{\nu}_{i,\nu}[n, c_1, c_2, c_3]$  qısa köməkçi ortoqonal giriş ardıcılıqları əvvəlcə xanalar oblastında, sonra isə zaman fəzasında ortoqonallaşdırılma mərhələlərində də qurulmalıdır.

[13] işində (1) ikilik 4D – QMDS-in hər bir  $(i, \nu)$ ,  $\nu = \overline{1, \lambda_i}$ ,  $i = \overline{1, S}$ , üçün  $\bar{\nu}_{i,\nu}[n, c_1, c_2, c_3]$  qısa köməkçi ortoqonal giriş ardıcılıqlarının xanalar oblastında ortoqonallaşdırılması alqoritmi işlənmişdir. Lakin zaman fəzasında ortoqonallaşdırma alqoritmi işlənilməmişdir. Bundan başqa, 4D – QMDS-in həm xanalar oblastında ortoqonallaşdırma alqoritmi və həm də zaman fəzasında ortoqonallaşdırma alqoritmının köməkliyi ilə əsas ortoqonal giriş ardıcılıqlarının qurulması alqoritmi işlənilməmişdir.

Məsələnin qoyuluşu belədir: (1) ikilik 4D – QMDS-in hər bir  $(i, \nu)$ ,  $\nu = \overline{1, \lambda_i}$ ,  $i = \overline{1, S}$ , üçün  $\bar{v}_{i, \nu}[n, c_1, c_2, c_3]$  qısa köməkçi ortoqonal giriş ardıcılıqlarının xanalar oblastında ortoqonallaşdırması mərhələsində alınan nəticələr əsasında zaman fəzasında ortoqonallaşdırma və əsas ortoqonal giriş ardıcılıqlarının qurulması alqoritmləri işlənilməlidir.

**2. Zaman fəzasında ortoqonallaşdırma.** Zaman fəzasında ortoqonallaşdırma alqoritmi xanalar oblastında ortoqonallaşdırma alqoritminin yerinə yetirilməsi zamanı alınan nəticələr əsasında yerinə yetirilir (bax: [14]). Belə ki, xanalar fəzasında ortoqonallaşdırma alqoritmində ardıcılıqların xanalar arqumentlərinin, yəni  $c_1$ ,  $c_2$  və  $c_3$  arqumentlərinin təyin oblastı müəyyənləşdirilir (qurulur). Bu oblasta olan hər bir  $(c_1, c_2, c_3)$  üçün qeyri-xəttilik dərəcəsi, yəni  $\{\bar{v}_{i, \nu}[m, c_1, c_2, c_3] | n - n_0 \leq m \leq n\}$  çoxluğunda olan vuruqların sayı müəyyən edilir və bunun əsasında  $(c_1, c_2, c_3)$  xanası xüsusi  $E$  və  $M_{1, \dots, M_{\theta(i, \nu)}}$ ,  $\nu = \overline{1, \ell_1}$ ,  $\sigma = \overline{1, \ell_2}$ , massivlərindən uyğun gələninə yazılır. Qeyd edək ki, alqoritm yerinə yetirilən zaman massivlərin bəziləri boş qalır. Bu o massivlərə aiddir ki, onlara uyğun  $\bar{m}_{\nu, \sigma}$  sıfıra bərabərdir, harada ki,

$$\bar{m}_{i, \nu} = (m_{1,1,1}, \dots, m_{1,1,\ell_3}, m_{1,2,1}, \dots, m_{1,2,\ell_3}, \dots, m_{\ell_1, \ell_2, \ell_3}, \dots, m_{\ell_1, \ell_2, \ell_3})$$

Zaman fəzasında ortoqonallaşdırma alqoritmində hər bir

$$(c_1, c_2, c_3) \in [0, C_1(i, \nu)] \times [0, C_2(i, \nu)] \times [0, C_3(i, \nu)]$$

üçün  $\bar{v}_{i, \nu}[n, c_1, c_2, c_3]$  ardıcılığının  $n$  arqumenti üçün təyin oblastı qurulur. Bundan başqa,  $\bar{v}_{i, \nu}[n, c_1, c_2, c_3]$  qurulur, yəni hər bir  $n$  üçün  $\bar{v}_{i, \nu}[n, c_1, c_2, c_3]$  - ün qiyməti təyin olunur.

Bunlardan başqa, xanalar oblastında ortoqonallaşdırma alqoritminin yerinə yetirilməsi zamanı qurulan xüsusi  $C_\sigma(i, \nu)$ ,  $\bar{L}_\sigma(i, \nu)$ ,  $A_\sigma(i, \nu)$ ,  $\sigma = \overline{1, 3}$  verilənləri də Əsas ortoqonal giriş ardıcılıqlarının qurulması alqoritmində istifadə olunur.

Zaman fəzasında ortoqonallaşdırmadan əvvəl aşağıdakı çoxluqları daxil edək:

$$Q_0 = \{(i, \nu, \sigma, \eta) | \sigma = \overline{1, \dots, \theta(i, \nu)}\},$$

$$Q_1 = \{(i, \nu, \sigma, \eta) | (i, \nu, \sigma, \eta) \in Q_0 \text{ və } m'[i, \nu, \sigma, \eta] = n_0 + 1\},$$

$$Q_2 = Q_0 \setminus Q_1.$$

Hər bir  $(i, \nu)$ ,  $\nu = \overline{1, \lambda_i}$ ,  $i = \overline{1, S}$ , üçün  $\bar{v}_{i, \nu}[n, c_1, c_2, c_3]$  köməkçi qısa ardıcılığı ayrı-ayrılıqda aşağıdakı alqoritm (zaman fəzasında ortoqonallaşdırma alqoritmi) vasitəsi ilə qurulur:

**Addım 0.** Bütün  $(\sigma, \eta) \in Q_0$  üçün  $z_{\sigma, \eta}[n]$  ardıcılığı və ya diskret funksiyası [2, səh.46] işində şərh olunan alqoritm vasitəsi ilə  $m'[i, \nu, \sigma, \eta]$  dərəcəli uyğun  $[0, T'_{\sigma, \eta}]$  parçasını qururuq ( $T'_{\sigma, \eta}$  -nin qiyməti də bu alqoritm vasitəsi ilə qurulur).  $|Q_0|$  - in qiymətini yoxlayaq. Əgər  $|Q_0| \neq 1$  olarsa, onda addım 1-ə keçirik, əks halda  $T_{i, \nu} = T'_{\sigma, \eta}$  qəbul edirik və addım 6-ya keçirik, harada ki,  $(\sigma, \eta) \in Q_0$ .

**Addım 1.** Əgər  $Q_2 = \emptyset$  olarsa, addım 2-yə keçirik, əks halda  $T_{i, \nu} = n_0$  qəbul edirik və addım 6-ya keçirik.

**Addım 2.** Hər bir  $(\sigma, \eta) \in Q_2$  üçün  $[T'_{\sigma, \eta} - n_0, T'_{\sigma, \eta}]$  parçasında  $z_{\sigma, \eta}[n]$  ardıcılığının sonuncu mövqeyi vahid olan  $\beta_{\sigma, \eta}$  - nı tapırıq.  $(\sigma, \eta) \in Q_2$  olan və

$$\beta_{\nu, \sigma} + 1 + n_0 - m'[i, \nu, \sigma, \eta] > T'_{\sigma, \eta}$$

şərtini ödəyən bütün  $\beta_{\sigma, \eta} + 1, \beta_{\sigma, \eta} + 2, \dots, \beta_{\sigma, \mu} + 1 + n_0 - m'[i, \nu, \sigma, \eta]$  mövqələrinə «0» yazırıq və  $T'_{\sigma, \eta} = \beta_{\sigma, \mu} + 1 + n_0 - m'[i, \nu, \sigma, \eta]$  qəbul edirik.

**Addım 4. Qəbul edirik:**

$z_{\sigma,\eta}[n], (\sigma, \eta) \in Q_2$ , funksiyalarını uyğun olaraq  $T'_{\sigma,\eta} + 1$  periodu ilə bütün  $[0, T_{i,v}]$  parçasında davam etdirək.  $Q_1$  çoxluğunu yoxlayaq. Əgər  $Q_1 = \emptyset$ , onda addım 6-ya, əks halda addım 5-ə keçirik.

**Addım 5.** Hər bir  $(\sigma, \eta) \in Q_2$  üçün qəbul edirik:

$$z_{\sigma,n}[n+1+T_{i,\nu}] = z_{\sigma,n}[n], \quad n \in [0, n_0 - 1].$$

Hər bir  $(\sigma, \eta) \in Q_1$  üçün qəbul edirik  $z_{\sigma, \eta}[n] = 1, n = [n_0 + 1, T_{i, \nu} + n_0]$  . Həmçinin  $T_{i, \nu} = T_{i, \nu} + n_0$  qəbul edirik.

**Addım 6.** Hər bir  $(n, c_1, c_2, c_3) \in [0, T_{i,\nu}] \times [0, C_1(i, \nu)] \times [0, C_2(i, \nu)] \times [0, C_3(i, \nu)]$  dördlüyü üçün  $\theta(i, \nu) = |Q_{i,\nu}|$  olduğundan aşağıdakı doğrudur:

[illegible]

### Addım 7. Son.

**3. Əsas ortoqonal giriş ardıcılıqlarının qurulması.**  $v_{i,v}[n, c_1, c_2, c_3]$ ,  $v=1, \dots, \lambda_i$ ,  $i=1, \dots, s$ , əsas ortoqonal giriş ardıcılıqları aşağıdakı alqoritm vasitəsi ilə qurulur və bu alqoritm əsas ortoqonal giriş ardıcılıqları alqoritmı adlanır:

### Addım 0. Hesablayaq:

$$C_{1\max} = \max\{C_1(i, \nu) | \nu = 1, \dots, \lambda_i; i = 1, \dots, s\};$$

$$C_{2_{\max}} = \max \{C_2(i, \nu) | \nu_1 = 1, \dots, \lambda_i; i = 1, \dots, s\};$$

$$C_{3_{\max}} = \max\{C_3(i, \nu) | i_1 = 1, \dots, \lambda_i; i = 1, \dots, s\};$$

$$N_{\max} = \max\{T_{i,\nu} | \nu = 1, \dots, \lambda_i; i = 1, \dots, s\}.$$

Əgər  $N_{\max} \geq N$  və ya  $C_{1\max} \geq \hat{C}_1$  və ya  $C_{2\max} \geq \hat{C}_2$  və ya  $C_{3\max} \geq \hat{C}_3$ , onda addım 14 - ə keçirik, əks halda  $c_\sigma = 0$ ,  $\sigma = \overline{1,3}$ ,  $n = 0$ ,  $q_0 = 0$ ,  $q_1 = 1$ ,  $\Pi_\sigma(q_1) = c_\sigma$ ,  $\sigma = \overline{1,3}$  qəbul edirik və addım 1-ə keçirik.

**Addım 1.**  $i = 1$ .

**Addım 2.**  $\nu = 1$ .

**Addım 3.** Bütün  $(n_1, c'_1, c'_2, c'_3) \in [0, N] \times [0, \hat{C}_1] \times [0, \hat{C}_2] \times [0, \hat{C}_3]$  için

$$\vartheta_{i \vee}^*[n_1, c'_1, c'_2, c'_3] = 0, \quad \vartheta'_{i \vee}[n_1, c'_1, c'_2, c'_3] = 0, \quad \vartheta_{i \vee}[n_1, c'_1, c'_2, c'_3] = 0,$$

qəbul edirik və addım 4-ə keçirik.

**Addım 4.** Aşağıdakı ifadədən  $\delta$  – nın qiymətini tapırıq:

$$\delta = \begin{cases} \max_{(i,\nu)} \{m_{\omega_1, \omega_2, \omega_3} \mid \omega_1 = 1, \dots, \ell_1; \omega_2 = 1, \dots, \ell_2; \omega_3 = 1, \dots, \ell_3\} - 1, & n > 0, \\ 0, & n = 0. \end{cases}$$

Əgər  $n + T_{i,\nu} - \delta > N$ , onda addım 5-ə, əks halda addım 6-ya keçirik.

**Addım 5.** Hesablayırıq:  $c_\sigma = \max\{\bar{C}_\sigma(1), \dots, \bar{C}_\sigma(q_0)\}$ ,  $\sigma = \overline{1,3}$ . Qəbul edirik:  $q_0 = 0$ ,  $q_1 = q_0 + 1$ ,  $n = 0$ ,  $\Pi_\sigma(q_1) = c_\sigma$ ,  $\sigma = \overline{1,3}$  və addım 4-ə keçirik.

**Addım 6.**  $q_0 = q_0 + 1$ . Qəbul edirik:  $\bar{C}_\sigma(q_0) = c_\sigma + \bar{L}_\sigma(i, \nu) + 1$ ,  $\sigma = \overline{1,3}$ ;  $\pi_{q_1} = q_0$ . Əgər  $c_1 + C_1(i, \nu) > \hat{C}_1$  və ya  $c_2 + C_2(i, \nu) > \hat{C}_2$  və ya  $c_3 + C_3(i, \nu) > \hat{C}_3$ , onda addım 14-ə keçirik, əks halda əvvəlcə bütün  $(n_1, \alpha, \beta, \gamma) \in [0, T_{i,\nu}] \times [0, C_1(i, \nu)] \times [0, C_2(i, \nu)] \times [0, C_3(i, \nu)]$  üçün

$$v_{i,\nu}^*[n - \delta + n_1, c_1 + \alpha, c_2 + \beta, c_3 + \gamma] = \bar{v}_{i,\nu}[n_1, \alpha, \beta, \gamma],$$

sonra isə  $n = n - \delta + 1 + T_{i,\nu}$ ,  $\Delta_{q_1} = n$  qəbul edirik və  $(i, \nu)$  cütlüyünü  $\Lambda_{q_1}$  massivinə yazırıq və addım 7-yə keçirik.

**Addım 7.**  $\nu = \nu + 1$ . Əgər  $\nu \leq \lambda_i$  olarsa, onda addım 3-ə, əks halda isə  $i = i + 1$  qəbul edirik. Əgər  $i \leq s$  olarsa, onda addım 2- yə, əks halda isə addım 8-ə keçirik.

**Addım 8.** Qəbul edirik:  $\gamma = 1$ .

**Addım 9.**  $\Lambda_\gamma$  massivindən birinci elementi götürürük (bu elementi  $(i, \nu)$  ilə işarə edirik). hesablayırıq:

$$\delta_\gamma = \max_{(i,\nu)} \{m_{\omega_1, \omega_2, \omega_3} \mid \omega_1 = 1, \dots, \ell_1; \omega_2 = 1, \dots, \ell_2; \omega_3 = 1, \dots, \ell_3\} - 1.$$

Əgər  $\pi_\gamma = 1$  olarsa, onda addım 10-a keçirik, əks halda addım 11-ə keçirik.

**Addım 10.** Qəbul edək:  $\Delta_\gamma = \Delta_\gamma + n_0 - \delta_\gamma$ , sonra isə  $\delta_\gamma = 0$  qəbul edirik.

**Addım 11.** Bütün  $(i, \nu) \in \Lambda_\gamma$  üçün qəbul edirik:

$$v'_{i,\nu}[k \cdot \Delta_\gamma - k \cdot \delta_\gamma + n, c'_1, c'_2, c'_3] = v_{i,\nu}^*[n, c'_1, c'_2, c'_3], \quad k = 0, 1, \dots, \text{int}\left(\frac{N}{\Delta_\gamma - \delta_\gamma}\right);$$

$$(n, c'_1, c'_2, c'_3) \in [0, \Delta_\gamma - 1] \times [0, \Pi_\gamma(1) + C_1(i, \nu), \Pi_\gamma(2) + C_2(i, \nu), \Pi_\gamma(3) + C_3(i, \nu)].$$

**Addım 12.**  $\gamma = \gamma + 1$ . Əgər  $\gamma \leq q_1$ , onda addım 9-a keçirik, əks halda təyin edirik:

$$c_\sigma^* = c_\sigma + \max_{(i,\nu) \in \Lambda_1} A_\sigma(i, \nu), \quad \sigma = \overline{1,3},$$

və addım 13-ə keçirik.

**Addım 13.** Bütün  $\nu = 1, \dots, \lambda_i$ ,  $i = 1, \dots, s$  üçün aşağıdakıları qəbul edirik:

$$v_{i,\nu}[n, k_1 c_1^* + c_1, k_2 c_2^* + c_2, k_3 c_3^* + c_3] = v'_{i,\nu}[n, c_1, c_2, c_3],$$

$$k_1 = 0, 1, \dots, \text{int}\left(\frac{\hat{C}_1 + 1}{c_1^* + 1}\right); \quad k_2 = 0, 1, \dots, \text{int}\left(\frac{\hat{C}_2 + 1}{c_2^* + 1}\right); \quad k_3 = 0, 1, \dots, \text{int}\left(\frac{\hat{C}_3 + 1}{c_3^* + 1}\right).$$

$$(n, c_1, c_2, c_3) \in [0, N] \times [0, c_1^*] \times [0, c_2^*] \times [0, c_3^*]$$

Sonra addım 16-ya keçirik.

**Addım 14.** Bu hal o deməkdir ki, qurma prosesi mümkün deyildir. Addım 15.

**Addım 15.** Son.

**Qeyd:** Yuxarıda şərh olunan əsas ortoqonal giriş ardıcılıqlarının qurulması alqoritmində aşağıdakı massivlər və dəyişənlər istifadə olunur:  $\Pi_{\sigma}(q_i) = c_{\sigma}$ ,  $\sigma = \overline{1,3}$ ;  $\Lambda_{\gamma}$  massivi;  $\pi_{\gamma}$  dəyişəni;  $\Lambda_{q_i}$  massivi;  $\Delta_{\gamma}$ .

4. İşdə giriş ardıcılıqları xanalar oblastında ortoqonallaşdırılmış ikilik 4D-qeyri-xətti modulyar dinamik sistemin giriş ardıcılıqlarının zaman fəzasında ortoqonallaşdırılması və baxılan ikilik modulyar dinamik sistemin əsas ortoqonal giriş ardıcılıqlarının qurulması alqoritmləri verilir. Bu alqoritmlərdən istifadə etməklə sistemin ortoqonal giriş ardıcılıqlarının qurulması üçün pqram təminatınının tərtib edilməsində istifadə oluna bilər.

## ƏDƏBİYYAT

1. Фейзи́ев, Ф.Г. Модулярные последовательностные машины: Основные результаты по теории и приложению / Ф.Г. Фейзи́ев, М.Р. Фарадж́ева. – Баку: Элм, – 2006. – 234 с.
2. Фарадж́ев, Р.Г. Методы и алгоритмы решения задачи квадратичной оптимизации для двоичных последовательностных машин / Р.Г. Фарадж́ев, Ф.Г., Фейзи́ев. – Баку: Элм, – 1996. – 180 с.
3. Байбатшаев М.Ш. Об одной задаче квадратичной оптимизации двоичных нелинейных последовательностных машин / М.Ш. Байбатшаев, Ю.С. Попков // Автоматика и телемеханика, –1978. №12, – С. 37-47.
4. Фарадж́ев, Р.Г. К задаче квадратичной оптимизации для двоичных многомерных нелинейных последовательностно-клеточных машин / Р.Г. Фарадж́ев, Ф.Г. Фейзи́ев // Автоматика и телемеханика, – 1996. №5, – С. 104-119.
5. Фарадж́ев, Р.Г. Аналитическое описание и квадратичная оптимизация двоичных многомерных нелинейных последовательностно-клеточных машин / Р.Г. Фарадж́ев, А.Т., Нагиев, Ф.Г. Фейзи́ев // Докл. РАН, –1998. –Т.360, №6, – С.750-752.
6. Фейзи́ев, Ф. Г. Необходимое условие оптимальности управления в некоторых задачах оптимального управления двоичных линейных модулярных динамических систем / Ф.Г.Фейзи́ев, Н. И.Гасанлы // Научные известия. Серия: Естественные и технические науки. – 2021. – Т. 21, № 3. – С. 10-19. – EDN LJWWFX.  
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47176415>
7. Фейзи́ев, Ф.Г. Полиномиальное соотношение для представления полной реакции одного класса двоичных 4D-модулярных динамических систем / Ф.Г. Фейзи́ев, Н.Б. Абаева // Вестник Пермского университета. Серия Математика. Механика. Информатика, – 2019. Вып. 2(45). – С 46–54.
8. Фейзи́ев, Ф.Г. Аналитическое представление полной реакции одного класса двоичных 3D-многомерных нелинейных модулярных динамических систем / Ф.Г. Фейзи́ев, М.Р. Мехтиева // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика, – 2019. № 49, – С. 82–91.
9. Фейзи́ев, Ф. Г. о. Полиномиальное представление полной реакции одного класса двоичных модулярных динамических систем / Ф. Г. Фейзи́ев, М. Р. Мехтиева, А. А. г. Байрамова // Научные известия. Серия: Естественные и технические науки. – 2020. – Т. 20, № 1. – С. 4-10. – EDN GUDPWQ. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43177818>
10. Фейзи́ев, Ф.Г. Задача синтеза одного класса двоичных 3D- многомерных нелинейных модулярных динамических систем / Ф.Г. Фейзи́ев, М.Р. Мехтиева // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика, – 2022, № 58, – С. 14-22.
11. Фейзи́ев, Ф.Г. Задача оптимального синтеза двоичных 4D – нелинейных модулярных динамических систем / Ф.Г. Фейзи́ев, Н.Б. Абаева // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика, – 2020, № 53, – С. 102-109.

12. Abayeva, N. B. İkilik 4D-qeyri -xətti modulyar dinamik sistemlərin kvadratik meyarlı sintez məsələsinin həll alqoritmi / N. B. Abayeva // Elmi xəbərlər. Təbiət və Texniki Elmlər Bölməsi. – 2022. – Vol. 22, No. 2. – P. 10-16. – DOI 10.54758/16801245\_2022\_22\_2\_10. – EDN IOSXCZ. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50022620>
13. Фейзи́ев, Ф.Г. Условия ортогональности входных последовательностей одного класса двоичных 4D – нелинейных модулярных динамических систем / Ф.Г.Фейзи́ев, Н.Б.Абаева // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика, – 2021, № 55, – С. 80-90.
14. Фейзи́ев, Ф. Г. о. Ортогонализация входных последовательностей двоичной 4d - нелинейной модулярной динамической системы в клеточной области / Ф. Г. о. Фейзи́ев, Н. Б. г. Абаева // Научные известия. Серия: Естественные и технические науки. – 2023. – Т. 23, № 1. – С. 4-11. – DOI 10.54758/16801245\_2023\_23\_4\_4. – EDN XFMLFW. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=53944056>
15. Фейзи́ев, Ф.Г. Условия ортогональности для входных последовательностей двоичных 3D - многомерных нелинейных модулярных динамических систем / Ф.Г.Фейзи́ев, М.Р.Мехтиева // Вестник Дагестанского государственного университета. Сер. 1: Естественные науки, – Т. 37, –2022, Вып. 4. – С. 7-16.

#### **РЕЗЮМЕ**

#### **АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ОСНОВНЫХ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ВХОДНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ДВОИЧНЫХ 4D – НЕЛИНЕЙНЫХ МОДУЛЯРНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

*Абаева Н.Б.*

**Ключевые слова:** двоичные 4D – нелинейные модулярные динамические системы, основные ортогональные входные последовательности, алгоритм ортогонализации входных последовательностей в клеточном пространстве, алгоритм ортогонализации входных последовательностей во временном пространстве.

В статье рассматривается ортогонализация входных последовательностей во временном пространстве двоичных 4D–нелинейных модулярных динамических систем, входные последовательности которых ортогонализированы в клеточном пространстве. Затем рассматривается построение основных ортогональных входных последовательностей рассматриваемой двоичной 4D–нелинейной модулярной динамической системы.

#### **SUMMARY**

#### **ALGORITHM FOR CONSTRUCTION BASIC ORTHOGONAL INPUT SEQUENCE OF BINARY 4D – NONLINEAR MODULAR DYNAMIC SYSTEMS**

*Abayeva N.B.*

**Key word:** binary 4D – nonlinear modular dynamic systems, basic orthogonal input sequences, an orthogorithm for orthogonalization of an input sequences in a cellular space, an orthogorithm for orthogonalization of an input sequences in a time cellular space.

In the article deals with the orthogonalization of input sequences in the time space of binary 4D – nonlinear modular dynamic system, the input sequences of which orthogonalized in the cellular space. Then the construction of the main orthogonal input sequences of the considered binary 4D – nonlinear modular dynamic system is considered.

|                   |               |            |
|-------------------|---------------|------------|
| Daxilolma tarixi: | İlkin variant | 19.07.2023 |
|                   | Son variant   | 18.09.2023 |

UOT 528.942

DOI 10.54758/16801245\_2023\_23\_3\_15

## NİZAMLI VƏ NİZAMSIZ İŞİN YARANMA MEXANİZMİNİN KOMPLEKS YANAŞMA METODU İLƏ ÖYRƏNİLMƏSİ

<sup>1</sup>İMANOVA KÖNÜL SALMAN qızı

<sup>2</sup>ƏSƏDOVA SİMARƏ RASİM qızı

*Sumqayıt Dövlət Universiteti nəzdində Sumqayıt Dövlət Texniki Kolleci, Azərbaycan, 1,2-müəllim*

[konul\\_79@inbox.ru](mailto:konul_79@inbox.ru)

*Açar sözlər:* nizamlı iş, nizamsız iş, dissipativ, proses, sistem, əvəzləyici qüvvə.

İş anlayışı ilk dəfə bir elmi kateqoriya kimi mexanikada yaranmışdır. O, sistemə tətbiq olunan əvəzləyici qüvvənin, həmin qüvvənin təsiri ilə meydana çıxan yerdəyişmə vektoruna skalyar hasili kimi hesablanır.

$$\delta A = F \cdot dS \quad (1)$$

F-əvəzləyici qüvvə, S isə əvəzləyici qüvvənin tətbiq nöqtəsinin istiqamətlənmiş vektorudur. Buradan görünür ki, mexanikada iş bir cismin digər cismə təsirinin kəmiyyət ölçüsü kimi öyrənilir. İlk yaranışından və öyrənilməsindən sonra bu anlayış fizikanın başqa bölmələrinə də keçmişdir və təsir edən qüvvənin təbiətindən asılı olaraq termodinamiki, elektrik, maqnit, qravitasiya, kimyəvi və s. kimi adlandırılmışdır.

İşə daha ümumi yanaşmada görmək olar ki, iş, hər hansı qüvvəyə göstərilən müqavimətlə bağlı prosesin kəmiyyət ölçüsü kimi ifadə olunmasıdır. İşin bir fiziki kəmiyyət kimi öyrənilməsində əsas amil əvəzləyici qüvvənin sıfıra bərabər olması və ya olmamasıdır.

İş bir sistemin digərinə təsirinin kəmiyyət ölçüsü kimi qəbul edərək, nizamlı işi nizamsız işdən fərqləndirmək lazımdır. Nizamlı iş mexanikadakı və termodinamikadakı işin bir tipidir. Bu növ iş qüvvənin tətbiq olunduğu sistemin müəyyən istiqamətdə yerdəyişməsi ilə bağlıdır. Qüvvələrin tətbiq olunduğu sistemlərin xaotik düzlənməsi nəticəsində əvəzləyicisinin sıfıra bərabər olan qüvvələrə qarşı görülən iş nizamsız iş adlandırılır. Nizamsız iş sistemin müəyyən istiqamətdə yerdəyişməsi ilə bağlı olmur. Məsələn, əgər maye hərtərəfli sıxılarsa, iş görülür, amma yerdəyişmə baş vermir [5].

Nizamlı iş formasında faydalı işin xarakterik xüsusiyyəti dəf olunan qüvvələrin əvəzləyicisinin sıfırdan fərqli olmasıdır. Bu, işgörmə prosesinə istiqamətli xarakter verir. Mexaniki sistemlər məhz belə iş görürlər. Mexaniki sistemlərin iş prinsipi məqsədyönlü bir hərəkət formasının digər hərəkət formasına çevrilməsinə əsaslanır. Yalnız mexaniki və texniki qurğular deyil, həm də kimyəvi, bioloji, ekoloji və s. sistemlər də belə iş görürlər [6].

Mexanika baxımından hər hansı qüvvənin işi bir cismin digərinə təsirinin ölçüsüdür. İş prosesi xarakterizə edir, sistemin yalnız başlanğıc və son hallarından deyil, prosesin yolundan asılıdır. Ona görə prosesin yolundan asılı olan elementar işi göstərmək üçün tam diferensial mənasını daşımayan  $\delta$  işarəsindən istifadə olunması məqsədəuyğundur.

Qüvvənin tətbiq olunduğu elementar obyektlərin yerdəyişmə vektorlarını  $S_i$ , onlara təsir edən qüvvələri isə  $F_i$  ilə işarə etsək, bir tam olaraq sistemə göstərilən təsir hər bir elementin üzərində görülən elementar işlərin cəmi kimi hesablanı bilər:

$$\delta A_i = \sum_k F_i \cdot dS_i \neq 0 \quad (2)$$

Bu ifadə  $i$ -ci növ qüvvənin elementar obyektlərin hamısı üzərində gördüyü yekun işdir. Aydındır ki, bu təsirin nəticəsi elementar qüvvələrin və onların meydana çıxardıqları yerdəyişmələrin istiqamətindən asılı olaraq müxtəlif olacaqdır.

Qarşılıqlı təsirdə olan cisimlərdən ibarət olan sistem üzərində görülən nizamlı iş sistemdə tarazlığı pozur. Sistemin müxtəlif hissələrində əks xarakterli dəyişmələr baş verir: sistemin bir hissə müsbət, digər hissəsi isə mənfi yüklənir; bir hissədə temperatur və təzyiq artır, o biri hissədə isə əksinə azalır. Başqa sözlə potensiallar fərqi yaranır. Bu proses ümumilikdə hava kütlələrinin hərəkətə gəlməsini, naqildə elektrik cərəyanının yaranmasını şərtləndirir. Sistemin müxtəlif hissələri əks istiqamətlərdə yerini dəyişir. Sistemdə bu cür daxili yerdəyişmə, zərrəciklərin yenidən paylanması, onların paylanma mərkəzinin sürüşməsi ilə nəticələnir. Bu proses nizamlı xarakter daşıyır. Bircinsli olan sistemin hissələri arasında elektrik yükü, impuls, maddə və s. yenidən paylanması nəticəsində xassələrin paylanma mərkəzi yerini dəyişdikdə də nizamlı iş görülə bilər. Məsələn, vtomobillərlə yüklənmiş sabit sürətlə üzən gəminin içərisində avtomobillərin bir tərəfdən o biri tərəfə hərəkəti zamanı görülən iş nizamlı işdir [4].

$F_i$  qüvvələri müxtəlif işarəli  $S_i$  yerdəyişmələri meydana çıxaranda da nizamlı iş görülür. Belə iş maqnetiklərin polyarlaşması, qazların ionlaşması, milin dartılması zamanı baş verir.

Elektrik polyarlaşması işinin baş vermə mexanizminə nəzər salaq. Elektrik cəhətdən neytral olsalar da materialların bir hissəsə polyardır, yəni onlar müsbət və mənfi yüklü atomlardan təşkil olunmuşlar. Məsələn, suda hidrogen atomlarının müsbət yüklü, oksigen atomlarının isə mənfi yüklü olması göstərir ki, su polyar maddələrdir. Əgər polyar materiala qeyri-bircins elektrik sahəsində, yəni elektrik yüklərinin qeyri-bərabər sıxlıqla paylandığı fəzada yerləşdirilsə, material üzərində iş görülə bilər [1].

İntensivliyi  $E$  olan elektrik sahəsinə daxil edilmiş ikiatomlu polyar molekul elektrik sahəsinin istiqaməti ilə müəyyən bucaq təşkil edir. Elektrik sahəsində  $q$  yükünə təsir edən qüvvə:

$$F = qE \quad (3)$$

düsturu ilə hesablanır. Ona görə koordinatı  $S_+$  olan müsbət yükə təsir edən qüvvə  $qE$ , koordinatı  $S_-$  olan mənfi yükə təsir edən qüvvə  $-qE$  olacaqdır. Polyar molekulun uclarına təsir edən bu qüvvələrin təsiri ilə molekul dönür. (Molekula təsir edən əvəzləyici qüvvə sıfır olduğundan onun kütlə mərkəzi yerini dəyişmir. Sahənin təsiri ilə atomlar, uyğun olaraq,  $dS_+$  və  $dS_-$  qədər yerdəyişmələr icra etsələr, bir molekul üzərində görülən iş:

$$\delta A = (qE \cdot dS_+) - (qE \cdot dS_-) = qE \cdot d(S_+ - S_-) \quad (4)$$

Bu ifadə bir molekul üzərində görülən işi göstərir.

Nizamsız iş sistemin müxtəlif hissələrində fiziki kəmiyyətlərin eyni dəyişməsinə meydana çıxarır, sistem daxilində tarazlığı pozmur və paylanma mərkəzinin yeri dəyişmir, yəni  $dS_i = 0$ . Sistemin hər yerində temperatur, təzyiq, sıxlıq, kütlə, sürət və s. eyni dərəcədə artır və ya azalır. Məsələn, qazın hərtərəfli sıxılması, genişlənməsi işləri nizamsız işə aid etmək olar.

Dissipativ (səpici) qüvvələr də əvəzləyicisi sıfır olan qüvvələrə aiddir. Bu növ təbiətli qüvvələrin əvəzləyicisinin sıfır olmasına baxmayaraq dissipativ işin hər bir elementar aktı nizamlı xarakter daşıyır. Hər bir elementar aktdakı iş  $F_i \cdot dS_i$  hasili ilə tapılır və sıfırdan fərqlidir. Bütün sistem üçün həmin iş aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\delta A_i = \sum_n F_i \cdot dS \neq 0 \quad (5)$$

Dissipativ iş nizamlı və nizamsız işlər arasında aralıq yer tutur. Bu iş - əvəzləyicisi sıfırdan fərqli olan qüvvələr tərəfindən, istiqamətlərinin xaosikliyi nəticəsində əvəzləyicisi sıfır olan "səpici" qüvvələrə qarşı görülür. Nizamlı işin nizamsıza çevrilən hissəsi dissipativ işdir. İstilik mübadiləsi, faza keçidləri, materialların xırdalanması, metalların kəsilməsi proseslərində meydana çıxan sistemin qızması, maddənin destruksiyası kimi hadisələr zamanı belə iş görülür [6].

Qazın və ya buxarın genişlənməsi nəticəsində iş görülür. Qızdırılma nəticəsində müəyyən kütləli qazın hərtərəfli genişlənməsi baş verir. Qazın kütlə mərkəzi bu zaman tərpənməz qalır. Sürtünmə ilə bağlı itkilər nəzərə alınmadıqda ətraf mühitin qazın örtüyünə göstərdiyi təzyiq və qazın içəri tərəfdən örtüyə göstərdiyi təzyiq ilə eyni olur. Qazı qızdırdıqda onun örtüyü ətraf mühitin təzyiqinə üstün gələrək yerini dəyişir.

Bu zaman qaz örtüyünün  $dS$  səthi  $dz$  qədər yerini dəyişir və qaz ətraf mühitə qarşı  $PdSdz$  qədər iş görür.

$$\delta A = \int P dS dz \quad (6)$$

Paskal qanununa görə örtüyün bütün səthi boyunca təzyiq sabit olduğu üçün:

$$dV = \int dS dz \quad (7)$$

həcm dəyişməsidir. Onda:

$$\delta A = P \int dS dz = PdV \quad (8)$$

Bu sistemdə bütün nöqtələrdə təzyiq eyni olduğu üçün sistem daxili tarazlığa malik olur. Qazın yerləşdiyi sistem bütün tərəflərdən eyni dərəcədə göstərilən təzyiq altında genişləndiyindən təzyiq qradienti sıfır olur. Burada əvəzləyici təzyiq qüvvəsi aşağıdakı kimi olur:

$$F_t = \int \mathbf{P} \cdot d\mathbf{S} = 0 \quad (9)$$

Təzyiq qradientinin sıfır olması sayəsində təzyiq qüvvəsinin sıfır olmasına səbəb olur.

Deməli, genişlənmə zamanı qaz əvəzləyicisi sıfır olan qüvvələrə qarşı iş görür. Qaza qarşı təsir edən qüvvələr ayrı-ayrılıqda sıfırdan fərqli olsalar da onların əvəzləyicisi sıfıra bərabərdir.

Qeyri bircinsli sistemlərdə görülən iş həm əvəzləyicisi sıfır olmayan qüvvələrə qarşı görülən iş kimi, həm də əvəzləyicisi sıfır olan qüvvələrə qarşı görülən iş kimi xarakterizə edilə bilər. Başqa sözlə bu iş həm nizamlı, həm də nizamsız ola bilər. O, həm sistemin ətraf mühitlə qarşılıqlı təsiri zamanı, yəni xarici, həm də sistemin hissələrinin bir-biri ilə qarşılıqlı təsiri zamanı, yəni daxili ola bilər. Bu iş faydalı və dissipativ xarakter daşıya bilər [5].

Nizamlı və nizamsız işlərin paralel müqayisəsi göstərir ki, onlar eyni bir enerji formasının fərqlənən iki fərqli tərəfini təmsil edir. Nizamlı işdə bir enerji forması başqa enerji formasına çevrilir. Nizamsız işdə isə enerji formasını dəyişmir. Nizamlı iş enerjinin çevrilməsinin kəmiyyət ölçüsü, nizamsız iş isə enerjinin köçürülməsinin kəmiyyət ölçüsüdür [1].

## ƏDƏBİYYAT

1. Məmmədov, Ə.B. Dialektik idrak və ümumelmi tədqiqat metodları / Ə.B.Məmmədov. –Bakı: Azərneşr, –1997, –300 s.
2. Səfərov, N.Y. Fizikanın təlimində istifadə olunan analogiya metodunun mahiyyəti və strukturu // Fizikanın müasir problemləri. II Respublika konfransının materialları. Bakı Dövlət Universiteti, –Bakı, –2008, –s.97-98.
3. Səfərov, N.Y. Ümumi fizika kursunun təlimində analogiyanın digər idrak metodları ilə qarşılıqlı münasibəti və yeri // –Bakı: Pedaqoji Universitet xəbərləri, –2008. №5, –s.360-368.
4. Давыдов, В.В. Теория развивающего обучения / В.В. Давыдов. –М.: ИНТОР, –1996. –544 с.
5. Загвязинский, В.И. Теория обучения: Современная интерпретация / В.И. Загвязинский. – М.: Издательский центр Академия, –2001. –192 с.
6. Эткин, В. А. Энергодинамика. Синтез теорий переноса и преобразования энергии / В.А.Эткин, –СПб.: Наука, –2008. 409 с.

## РЕЗЮМЕ

### ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА ВОЗНИКНОВЕНИЯ УПОРЯДОЧЕННОЙ И НЕ РЕГУЛЯРНОЙ РАБОТЫ МЕТОДОМ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА

*Иманова К.С., Асадова С. Р.*

**Ключевые слова:** *регулярная работа, нерегулярная работа, диссипативный процесс, система, замещающая сила.*

В статье разъясняется сущность понятия работы, являющейся одной из важных величин в физике, и анализируется механизм явления различных ее форм. Здесь различают упорядоченную и нерегулярную формы работы, объясняется нарушение равновесия внутри системы в результате действия внешних сил и взаимосвязь между процессами внутри системы и совершаемой работой на этом фоне.

**SUMMARY**

**STUDY OF THE MECHANISM OF OCCURRENCE OF ORDERED AND  
DISORDERED WORK BY THE METHOD OF AN INTEGRATED APPROACH**

***Imanova K.S., Asadova S.R.***

***Key words:*** regular work, irregular work, dissipative process, system, substitutive force.

The article explains the essence of the concept of work, which is one of the important quantities in physics, and analyzes the mechanism of the phenomenon of its various forms. Here they distinguish between ordered and irregular forms of work, explain the imbalance within the system as a result of the action of external forces and the relationship between the processes within the system and the work performed against this background

|                   |               |            |
|-------------------|---------------|------------|
| Daxilolma tarixi: | İlkin variant | 23.06.2023 |
|                   | Son variant   | 07.09.2023 |

УДК 678.762.2.134

DOI 10.54758/16801245\_2023\_23\_3\_19

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТИ ВУЛКАНИЗАЦИИ И ХАРАКТЕРА ВУЛКАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР БУТАДИЕН-НИТРИЛЬНОГО КАУЧУКА

<sup>1</sup>АЗИЗОВА ГЮНЕЛЬ ГАСАНАЛИ гызы [ORCID](#)

<sup>2</sup>АМИРОВ ФАРИЗ АЛИ оглу [ORCID](#)

<sup>3</sup>МОВЛАЕВ ИБРАГИМ ГУМБАТ оглу [ORCID](#)

<sup>4</sup>МАМЕДОВА ГЮНЕЛЬ АРИФ [ORCID](#)

<sup>5</sup>ХАНКИШИЕВА РАНА ФАИК гызы [ORCID](#)

<sup>6</sup>МАМЕДОВ ШИРАЗ МЕДЖНУН оглу [ORCID](#)

*Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Баку, Азербайджан  
1-докторант, 2,6-профессор, 3-доцент*

*Институт радиационных проблем, Баку, Азербайджан, 4-м.н.с, 5-н.с, д.ф.х.н.  
[shiraz.mamedov@gmail.com](mailto:shiraz.mamedov@gmail.com)*

**Ключевые слова:** *бутадиен-нитрильный каучук, эпоксидная смола, вулканизации, спектр, сшивания, структура, прогрева, температура, поперечный связь.*

*Изучено влияние у-облучения на процесс сшивания бутадиен-нитрильного каучука (БНК) с участием гексахлорпарахлоридола (ГХПК) и эпоксидной смолой (ЭС). Методом ИК-спектроскопии определена молекулярная структура бинарных систем СКН-40+ГХПК и СКН-40+ ЭС. Из значений оптических плотностей полос поглощения при 967, 912 и 750 см<sup>-1</sup> рассчитано распределение двойных связей в эластомере. Установлено, что при 150°C x 40' число сшивок в указанных системах составляет 1.05-10 и 0.66-10 моль/см<sup>3</sup> соответственно. На основе наблюдаемых изменений параметров пространственной сетки сшитых образцов рассчитано число эффективных поперечных связей после прогрева.*

**Введение.** Известно, что химический выход сшивания и образование эффективных поперечных химических связей в бутадиен-нитрильном каучуке (БНК) зависит как от продолжительности вулканизации и от количество низкомолекулярных соединений [1]. Для увеличения выхода сшивания и ускорения протекающих в эластомерах химических реакций предложены различные добавки и ускорители [2]. Так, имеются данные об использовании в качестве вулканизирующего агента гексахлорпарахлоридола (ГХПК) и производных хлорсодержащих дикарбоновых кислот для бутадиен-нитрильных эластомеров [3-5]. Установлено [3], что в присутствии хлорсодержащих дикарбоновых кислот химический выход поперечных связей увеличивается в 2-3 раза, при- чем сшивание зависит от природы эластомера. Следует отметить, что выход сшивания и эффективных поперечных связей увеличивается с повышением содержания акрилонитрила в эластомере [2].

Ранее [1,4,6] была изучена кинетика терморadiационного структурирования БНК в присутствии эпоксидных соединений. Образующиеся в этом процессе эластомеры могут содержать набор поперечных связей различной энергии. Кроме того, эпоксидные группы часто вводят в состав эластомера в качестве модификатора, что позволяет добиваться оптимальных свойств эластичных материалов при вулканизации [1,2]. Однако к настоящему времени роль ГХПК и эпоксидной смолой (ЭС) как сшивающих агентов и модификаторов в химических процессах исследована недостаточно. Известные данные носят неполный и отрывочный характер.

В этой связи представлялось интересным изучить влияние продолжительности прогрева на процесс сшивания БНК (СКН-40) с участием ГХПК и ЭС и установить модифицирующую сшивающую способность этих соединений.

**Экспериментальная часть.** На лабораторных вальцах после тщательного перемешивания в течение 3-5 мин с фрикцией 1:2 готовили эластомерные смеси, содержащие 100 мас.ч. СКН-40, 3.0 мас.ч. ГХПК и 5.0 мас.ч. оксида цинка и без него. Затем формовали образцы на прессе в виде пластинок толщиной 0.3 мм при 80°C. В таких же условиях были изготовлены эластомерные смеси в присутствии 3.0 мас.ч. ЭС (марка ЭД-16) и 5.0 мас.ч. оксида цинка и вулканизовали в электро прессе при 150°C x 40'. Концентрацию сшитых молекул в БНК ( $1/M_{nT}$ ) и выход число эффективных поперечных связей ( $N_s$ ) определяли методом золь-гель анализа [8]. Расчет проводили по формуле Флори Ренера. Изменение молекулярной структуры наблюдали методом ИК-спектроскопии в области 700-3000  $\text{см}^{-1}$ . Интерпретацию спектров проводили в соответствии корреляционными таблицами [9-11].

**Результаты и обсуждение.** Анализ ИК-спектров системы СКН-40+ГХПК (рис. 1) показывает, что после прогрева вызывает в ней ряд существенных изменений. Так, наблюдается уменьшение интенсивности полосы 1440  $\text{см}^{-1}$ , которую относят к деформационным колебаниям связи С-Н в группе  $-\text{CH}_2$  [9], и полосы при 1340  $\text{см}^{-1}$ , обусловленной колебаниями  $-\text{C}=\text{CH}-$ связи трансконфигурации [10]. Заметно падает интенсивность полосы поглощения при 750  $\text{см}^{-1}$ , обусловленной колебаниями связи С-Cl [11]. Это дает основание считать, что при облучении от молекулы ГХПК отщепляются атомы хлора, вследствие чего, по-видимому, снижается интенсивность полосы при 1230  $\text{см}^{-1}$ . Кроме

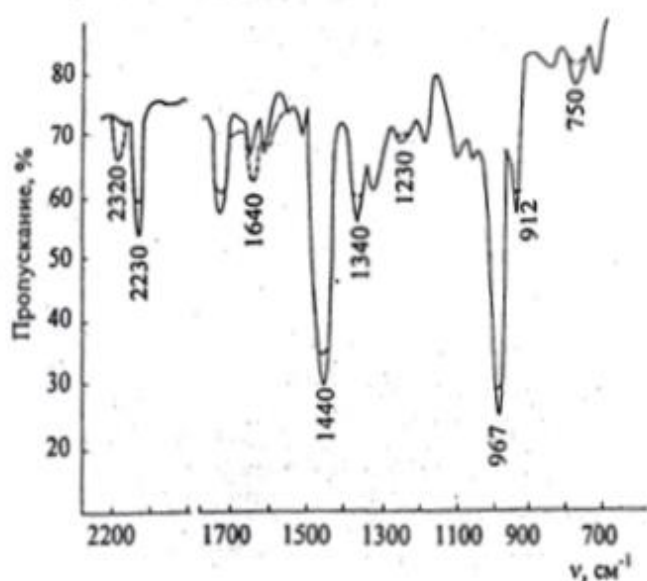


Рис.1. ИК-спектр БНК (СКН-40+ГХПК): - до облучения, после облучения.

того, существенные изменения происходят в спектральной области 2230-2320  $\text{см}^{-1}$  и интенсивность полосы 2230  $\text{см}^{-1}$  присутствующей в спектре БНК, обусловленной валентными колебаниями связи  $-\text{C}=\text{N}$  [9], после облучения образца дозой 250 кГр уменьшается. А рядом с ней появляется новая полоса поглощения с частотой 2320  $\text{см}^{-1}$ , что связано, по мнению ряда авторов [9-11], с образованием комплексного соединения с группой  $-\text{C}=\text{N}$  и хлоридами металлов.

На основании наблюдаемых изменений в ИК-спектре можно предположить, что при прогреве смеси (СКН-40+ГХПК) протекают реакции с участием групп  $-\text{CH}-$ , связанных с нитрильными группами, а также групп  $-\text{CH}_2-$  в двойных связях полимерных молекул. Аналогичные спектральные

изменения наблюдаются при совмещении СКН-40 с ЭС.

Таким образом, данные ИК-спектров позволяют сделать следующие выводы. Для систем СКН-40+ГХПК и СКН-40+ЭС наблюдается ряд одинаковых изменений при прогреве уменьшаются интенсивности полос при 967 и 1340  $\text{см}^{-1}$ , обусловленных соответственно внеплоскостными и деформационными колебаниями связи С-Н в группе  $-\text{CH}=\text{CH}-$  [11]. Кроме того, при этой температуре (150°Cx40') происходит существенное изменение в структуре СКН-40: появляются двойные связи различной конфигурации. Из значений

оптических плотностей полос поглощения при  $967\text{см}^{-1}$  (двойные связи 1,4-транс и 1,4-цис) и  $912\text{см}^{-1}$  (двойные связи 1,2), и  $750\text{см}^{-1}$  (двойные связи 1,2) рассчитано распределение двойных связей в эластомере: 20% связей 1,2; 60% связей 1,4-транс и 20% связей 1,4-цис.

Естественно, что образование эффективных поперечных связей при  $150^\circ\text{C}$  х  $40'$  происходит с малыми скоростями. Далее эта скорость растет с увеличением времени как для СКН-40+ГХПК, так и для СКН-40+ЭС.  $150^\circ\text{C}$  х  $40'$  число эффективных поперечных связей, образующихся в системе СКН-40+ГХПК, составляет  $2.0 \cdot 10^{-19}$  связей/ $\text{см}^3$ , а в СКН-40+ЭС -  $1.6 \cdot 10^{-19}$  связей/ $\text{см}^3$  (рис. 2).

Из представленных на рис.3. данных видно, что при облучении на воздухе при  $20^\circ\text{C}$  сшивание СКН-40 с ГХПК и ЭС возрастает незначительно. В сшивающей системе СКН-40+ГХПК скорость сшивания выше, чем в СКН-40+ПМОХ. Это объясняется тем, что ГХПК более реакционноспособен. При  $150^\circ\text{C}$  х  $40'$  число сшивок СКН-40 с ЭС в 2-3 раза выше, чем в СКН-40 в отсутствие ГХПК или ЭС.

Известно, что сшивание БНК хлорсодержащими соединениями активируется оксидами металлов [1]. Для подтверждения предположения о направлении реакций СКН-40 с ГХПК и ЭС при прогреве нами проведен ряд экспериментов. При различной времени золь-гель-анализом определяли и рассчитывали число молекул ГХПК, приходящихся на образование одной поперечной связи. Данные, приведенные в таблице, показывают, что для ГХПК с увеличением времени вулканизации количество общего хлора несколько снижается, а количество связанного хлора возрастает. Возрастает также количество хлора, вступившего во взаимодействие с оксидом цинка с образованием  $\text{ZnCl}_2$ . Это свидетельствует о том, что одновременно происходят процессы отщепления хлора от молекулы ГХПК, взаимодействие его с оксидом цинка с образованием хлоридов и, наконец, присоединение ГХПК к эластомеру. При этом концентрация поперечных связей в образце возрастает, а число молекул ГХПК и ЭС, приходящихся на одну поперечную связь, снижается при увеличении времени вулканизации.

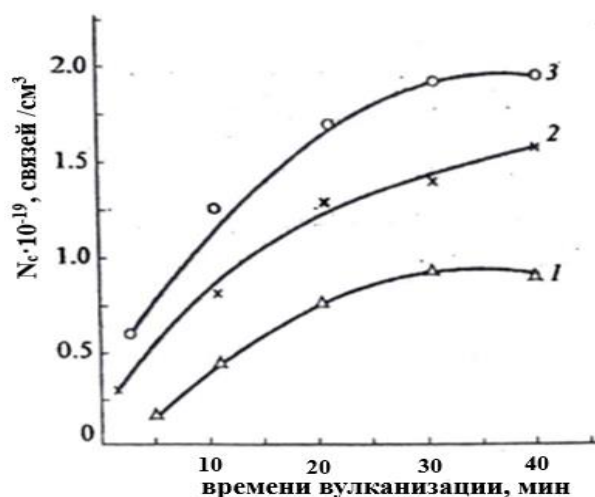


Рис. 2. Зависимость от времени вулканизации количества эффективных поперечных связей в системах: СКН-40 (1); СКН-40+ЭС (2); СКН-40+ГХПК (3).

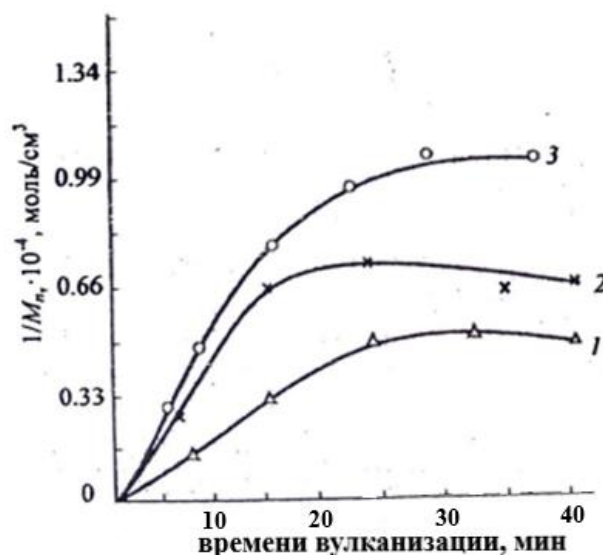


Рис. 3. Зависимость от времени вулканизации ( $150^\circ\text{C}$  х  $40'$ ) сшитых молекул в системах: СКН-40 (1); СКН-40+ЭС (2); СКН-40+ГХПК (3).

**Таблица.**

*Влияние ГХПК и ЭС на химический состав эластомера СКН-40,  
содержащего 5.0 мас.ч. оксида цинка, при температурном воздействии*

| Сшивавший агент | Времени вулканизации, мин. | Содержание хлора в образце, % |            |                        | Содержание ГХПК и ЭС в экстракте, % к введенному количеству | Число сшитых молекул ГХПК и ЭС на образование одной поперечной связи |
|-----------------|----------------------------|-------------------------------|------------|------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
|                 |                            | общего                        | связанного | В комплексе с $ZnCl_2$ |                                                             |                                                                      |
| ГХПК+ $ZnO$     | 10                         | 85                            | 14,2       | 3,4                    | 9,8                                                         | 1,27                                                                 |
|                 | 20                         | 73,5                          | 50,8       | 12.6                   | Следы                                                       | 1,56                                                                 |
| ЭС+ $ZnO$       | 30                         | –                             | –          | –                      | 6.9                                                         | 0,92                                                                 |
|                 | 40                         | –                             | –          | –                      | Следы                                                       | 0,78                                                                 |

Измерения показали, что с увеличением времени содержание гель-фракции заметно возрастает в обеих системах. Образование нерастворимых гель-фракций при малых времени (10 мин.) выше в системе СКН-40+ГХПК+ $ZnO$ . Максимальное содержание геля (70 и 60%) В СКН-40 в присутствии ГХПК и ЭС свидетельствует о том, что эти агенты принимают участие в процессе сшивания.

С учетом изложенных фактов можно предположить следующее. Сшивание СКН-40 с помощью ГХПК при 150°C x 40' в отсутствие активаторов ( $ZnO$ ), вероятно, происходит через разложение ГХПК с отщеплением хлора от обеих трихлорметильных групп. Образующиеся при этом бирадикалы акцептируют водород от макромолекул эластомера. Возникающие макрорадикалы эластомера взаимодействуют далее между собой или с атомом хлора.

Таким образом, полученные данные позволяют считать, что ГХПК и ЭС являются при прогреве эффективными сшивающими агентами для БНК (СКН-40). В заключение отметим, что ГХПК и ЭС могут найти применение в качестве ускорителя и модификаторов для радиационной вулканизации БНК, содержащих высокоактивную акрилонитрильную группу.

**Закключение.** В результате увеличение продолжительности времени вулканизации оказывает увеличение выхода эффективных поперечных связей и число сшитых молекул у обоих системах СКН-40+ГХПК и СКН-40+ЭС. Введение в состав оксида цинка также приводит к повышению число сшитых молекул в БНК.

Вероятно процесс протекает в эластичной среде, несколько БНК является ненасыщенным эластомером, выхода поперечных связей связано ионно-молекулярной реакции БНК с низкомолекулярными соединениями. В этом случае при образовании поперечных связей в каждом акте сшивания появляется активный центр.

Полученные результаты дают возможность проведения направленного исследования в области вулканизации эластомеров с участием низкомолекулярных соединений ГХПК и эпоксидной смолы.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Mamedov, Sh.M. Synthesis, processing and vulcanization of butadiene-nitrile rubber // Lap Lambert Academic Publishing (Germany), –2015. –350 p.
2. Мамедов, Ш.М. Бутадиен-нитрильные каучуки и резины на их основе / Ш.М.Мамедов, Ф.И.Ядреев, Э.Ш. Ривин. –Баку: Элм, –2010. –161 с.
3. Кузьминский, А.С. Физико-химические основы переработки и применение эластомеров / Кузьминский А.С., Кавун С.М., Кирпичев В.П. – М.: Химия, –2002. –340 с.

4. Мамедов, Ш.М. Свойства вулканизатов СКН-40, полученных в присутствии хлорсодержащих и эпоксидных соединений / Ш.М. Мамедов, М.С. Салахов, Р.Г. Абдуллаев, А.Р. Годжаев // Каучук и резина. –1987. –№ 8, –с.13-16.
5. Захаров, Н.Д. Основные свойства резин и методы их определения / Н.Д.Захаров, Н.В.Белозоров. –М.: Химия, –2006. –144 с.
6. Кузнецов, Е.В. Практикум по химии и физике полимеров / Е.В.Кузнецов, С.М.Дивгун, Л.А.Бударин. –М.: Химия, –2007. –380с
7. Feory P.J., Rehman // Chem.Phys. № 11, –1968. –312 p.
8. Беллами, Л. Инфракрасные спектры сложных молекул / Л.Беллами, –М., 2000. –483 с
9. Даровских, Г.Г. Определение параметров пространственной сетки вулканизатов. Методические указания / Даровских, Г.Г. –Л.: ЛТИ, –2019. –157 с.
10. Нельсон, К.В. Колебательные спектры и молекулярные процессы в каучуках / К.В.Нельсон. –Л.: Химия, –2005. –150 с.
11. Плиев Г.Д., Чугай В.Н. // Прикладная спектроскопия. –2008, Т. 11. № 6. –С. 1068

**XÜLASƏ**  
**BUTADIEN NİTRİL KAUCUKUNUN VULKANLAŞMA XÜSUSİYYƏTLƏRİNİN**  
**VƏ QURULUŞ XASSƏLƏRİNİN TƏDQIQI**

*Əzizova G.H., Əmirov F.A., Mövlayev İ.Q., Məmmədova G.A.,  
Xankişiyeva R.F., Məmmədov Ş.M.*

**Açar sözlər:** *butadien-nitril kauçuku, epoksid qatranı, vulkanlaşma, spektr, tikilmə, struktur, temperatur, cərgəli əlaqə.*

Heksaxloroparaksilol (HXPК) və epoksid qətranının (EQ) iştirakı ilə butadien- nitril kauçukunun (BNK) tikilmə prosesinə  $\gamma$ -şüalanmanın təsiri tədqiq edilmişdir. SKN-40+HXPК və SKN-40+EQ binar sistemlərinin molekulyar quruluşu İQ spektroskopiyası ilə müəyyən edilmişdir. 967, 912 və 750  $\text{sm}^{-1}$ -də udma zolaqlarının optik sıxlıqlarından elastomerdə ikiqat rabitələrin paylanması hesablanmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, 150°C x 40' temperaturda bu sistemlərdə cərgəli əlaqələrin sayı müvafiq olaraq 1,05-10 və 0,66-10  $\text{mol}/\text{sm}^3$  təşkil edir. Tikilmiş nümunələrin fəza şəbəkəsinin parametrlərində müşahidə edilən dəyişikliklər əsasında qızdırıldıqdan sonra effektiv cərgəli əlaqələrin sayı hesablanmışdır.

**SUMMARY**  
**STUDY OF THE FEATURES OF VULCANIZATION AND THE CHARACTER OF**  
**VULCANIZATION STRUCTURES OF NITRILE BUTADIENE RUBBER**

*Azizova G.G., Amirov F.A., Movlaev I.G., Mamedova G.A.,  
Khankishieva R.F., Mammadov Sh.M.*

**Key words:** *nitrile rubber, epoxy resin, vulcanization, spectrum, cross-linking, structure, heating, temperature, cross-linking.*

The effect of  $\gamma$ -irradiation on the process of cross-linking of nitrile butadiene rubber (NBR) with the participation of hexachloroparaxylene (HCPC) and epoxy resin (ER) has been studied. The molecular structure of binary systems SKN-40+HCPC and SKN-40+ ES was determined by IR spectroscopy. From the optical densities of the absorption bands at 967, 912, and 750  $\text{cm}^{-1}$ , the distribution of double bonds in the elastomer was calculated. It was found that at 150°C x 40' the number of crosslinks in these systems is 1.05-10 and 0.66-10  $\text{mol}/\text{cm}^3$ , respectively. Based on the observed changes in the parameters of the spatial grid of cross-linked samples, the number of effective cross-links after heating was calculated.

|                   |               |            |
|-------------------|---------------|------------|
| Daxilolma tarixi: | İlkin variant | 03.02.2023 |
|                   | Son variant   | 08.05.2023 |

UOT 5:54.504

DOI 10.54758/16801245\_2023\_23\_3\_24

## DETERMINATION OF ECOTOXICANT SUBSTANCES IN HARD WASTE CAUSED BY HYDROGEN PURIFICATION PROCESS OF PETROLEUM OILS

<sup>1</sup>HAJIYEVA SEVINJ RAFIK [ORCID](#)<sup>2</sup>BAYRAMOV QIYAS ILYAS [ORCID](#)<sup>3</sup>HUSEYNLI ATLAS MAARIF [ORCID](#)

Baku State University, Baku, Azerbaijan, 1,3-professor, 2-doctoral student  
[s.hajiyeva-bsu@mail.ru](mailto:s.hajiyeva-bsu@mail.ru), [qiyasbayramov@mail.ru](mailto:qiyasbayramov@mail.ru), [atlashuseynli@yahoo.com](mailto:atlashuseynli@yahoo.com)

**Keywords:** petroleum distillates, hydrogen purification, spectral method, ecotoxics, solid waste, catalyst.

*The article analyzes the amount of dissolved ecotoxics in the sample taken from the solid waste obtained during the process of hydrogenation of petroleum oils. Solid waste is the processed or burned waste of AlCoMo and AlCoNi catalysts used during the process. Based on the results obtained, the environmental impact of the solid waste was assessed. The amount of volatile ecotoxics in the solid waste sample was determined by spectral methods and shown in tabular form. Based on the results obtained, it is possible to assess the environmental impact of solid wastes generated during the technological process at the hydrogen oil treatment plant.*

### Introduction

The hydrogen treatment plant for petroleum distillates and other oil distillates at the Heydar Aliyev Oil Refinery is considered to be more environmentally and economically efficient than the old classical technological plants. As it is known, so far in the developed countries of the world's oil industry, complete reduction of emissions has not been achieved during the technological processes of oil refining. That is why conducting environmental research in various areas is one of the most important issues in assessing the environmental impact of each of the many technological processes in the oil refining industry, as one of the main environmental safety requirements of the time [1].

From this point of view, we have programmed an ecological assessment of the environmental impact of the process of hydrogen purification of petroleum oils at the plant №501 of the Heydar Aliyev Oil Refinery. One of the industrial wastes generated during the technological process of this facility is solid waste. The amount of ecotoxin-metals in the waste sample taken from the tubs in the solid waste storage area of the facility was determined by the mass spectrum method in the laboratory. For the first time, the ecotoxins contained in the solid wastes formed during the purification of Autol 8 and Autol 15 oil distillates as raw materials in the process of hydrogen cleaning mentioned by us were determined spectrally.

As noted in the technical literature, the process of hydrogen purification of petroleum oils has great economic and environmental advantages. Thus, the process of preparation of petroleum distillates as a commodity has been carried out for many years by acid-base, contact methods. Even in the oil refining industry of Azerbaijan, as in many countries, these classic processes are currently used in small quantities, which in turn creates environmental problems. In the process of refining oil and oil distillates by the above-mentioned classical methods, high-quality petroleum oils are produced, which are economically and environmentally effective, despite the fact that they create a very dangerous and harmful environment. In this case, vapors of sulfuric acid, sodium hydroxide and other ecotoxins are released into the atmosphere along with various harmful hydrocarbons.

At the same time, acidic waters containing polycyclic aromatic hydrocarbons and other harmful substances are discharged into water bodies without deep treatment [2].

It is known that in the oil refining industry, as in other industries, it has not yet been possible to carry out completely waste-free technological processes. From this point of view, different types of industrial wastes are formed during the purification processes for the preparation of various brands of petroleum oils, as well as light-colored petroleum distillates as commodities where the process of hydrogen purification of oils is carried out in the unit of the Heydar Aliyev Oil Refinery [3-4].

One of the main directions of our research is the following analysis for the initial assessment of the environmental impact of solid waste generated at the hydrogen oil treatment plant.

### **Experimental part**

Petroleum oils contain sulfur, nitrogen and oxygen compounds. These compounds have a very negative impact on oil quality. It also reduces the activity of the catalysts used in the purification of oils with hydrogen, and sometimes, conversely, the catalysts become more active due to these compounds. Catalytic systems are used to remove these compounds from the oil. Hydrogen and petroleum oil treatment plants also use AlCoMo and AlCoNi catalysts during the hydrogen cleaning process of oil compounds. In this case, the process of replacing the sulfur, nitrogen and oxygen in the oil fraction with hydrogen takes place due to the chemical reactions that take place in the technological process as a result of purification of oil fractions with catalysts and finally industrial waters and gaseous wastes such as  $H_2S$ ,  $NH_3$  are formed. As a result of the process, catalysts are obtained in the form of processed or burned solid waste.

Spectral analysis of ecotoxics in samples taken from solid wastes formed in the process of hydrogen purification of raw materials - Autol 8 and Autol 15 oil distillates with the participation of catalysts was carried out in the above plant. We used the method of optical emission spectrometry for the analysis of solid waste. The data are shown in table 1.

**Table 1.**

#### *Methods for studying the composition of solids*

| <b>Assigned indicator</b> | <b>Method</b>        | <b>MDL</b> | <b>MU</b> |
|---------------------------|----------------------|------------|-----------|
| Aluminum (Al)             | EPA 3051A, EPA 6010D | 1.00 mg/kg | 25%       |
| Copper (Cu)               | EPA 3051A, EPA 6010D | 0.40 mg/kg | 25%       |
| Cobalt (Co)               | EPA 3051A, EPA 6010D | 0.40 mg/kg | 25%       |
| Iron (Fe)                 | EPA 3051A, EPA 6010D | 0.50 mg/kg | 25%       |
| Lead (Pb)                 | EPA 3051A, EPA 6010D | 0.40 mg/kg | 25%       |
| Manganese (Mn)            | EPA 3051A, EPA 6010D | 0.25 mg/kg | 25%       |
| Molybdenum (Mo)           | EPA 3051A, EPA 6010D | 0.25 mg/kg | 25%       |
| Nickel (Ni)               | EPA 3051A, EPA 6010D | 0.40 mg/kg | 25%       |
| Potassium (K)             | EPA 3051A, EPA 6010D | 0.50 mg/kg | 25%       |
| Sodium (Na)               | EPA 3051A, EPA 6010D | 0.50 mg/kg | 25%       |
| Zinc (Zn)                 | EPA 3051A, EPA 6010D | 0.40 mg/kg | 25%       |

**MDL** – Minimum setting limit

**MU** – Possible error in measurement

*Determination of ecotoxicant substances in hard waste caused by hydrogen purification process of petroleum oils*

| <b>Calibration Summary</b> |              |                 |                  |              |                  |                    |                |
|----------------------------|--------------|-----------------|------------------|--------------|------------------|--------------------|----------------|
| <b>Analyte</b>             | <b>Stds.</b> | <b>Equation</b> | <b>Intercept</b> | <b>Slope</b> | <b>Curvature</b> | <b>Corr. Coef.</b> | <b>Reslope</b> |
| Ag 328.068                 | 2            | Lin, Calc Int   | 12195.5          | 1927000      | 0.00000          | 0.999926           |                |
| Al 396.153                 | 2            | Lin, Calc Int   | 1402.9           | 182400       | 0.00000          | 0.999891           |                |
| As 193.696                 | 2            | Lin, Calc Int   | -22.2            | 11690        | 0.00000          | 0.999993           |                |
| B 249.677                  | 2            | Lin, Calc Int   | 41.1             | 506500       | 0.00000          | 1.000000           |                |
| Ba 233.527                 | 2            | Lin, Calc Int   | 2570.9           | 297100       | 0.00000          | 0.999861           |                |
| Be 313.107                 | 2            | Lin, Calc Int   | -95351.4         | 39010000     | 0.00000          | 0.999989           |                |
| Ca 317.933                 | 2            | Lin, Calc Int   | 78.6             | 41560        | 0.00000          | 0.999993           |                |
| Cd 228.802                 | 2            | Lin, Calc Int   | 1045.1           | 935300       | 0.00000          | 0.999998           |                |
| Co 228.616                 | 2            | Lin, Calc Int   | -397.2           | 574900       | 0.00000          | 0.999999           |                |
| Cr 267.716                 | 2            | Lin, Calc Int   | 981.7            | 898500       | 0.00000          | 0.999998           |                |
| Cu 327.393                 | 2            | Lin, Calc Int   | -578.5           | 945900       | 0.00000          | 0.999999           |                |
| Fe 238.204                 | 2            | Lin, Calc Int   | -3941.4          | 757800       | 0.00000          | 0.999950           |                |
| K 766.490                  | 2            | Lin, Calc Int   | -105.3           | 24360        | 0.00000          | 0.999965           |                |
| Li 670.784                 | 1            | Lin, Calc Int   | 0.0              | 135200000    | 0.00000          | 1.000000           |                |
| Mg 285.213                 | 2            | Lin, Calc Int   | 350.0            | 23610        | 0.00000          | 0.999593           |                |
| Mn 257.610                 | 2            | Lin, Calc Int   | 7012.6           | 6927000      | 0.00000          | 0.999998           |                |
| Mo 202.031                 | 2            | Lin, Calc Int   | -175.9           | 83950        | 0.00000          | 0.999992           |                |
| Na 589.592                 | 2            | Lin, Calc Int   | -2670.1          | 173900       | 0.00000          | 0.999564           |                |
| Ni 231.604                 | 2            | Lin, Calc Int   | 968.7            | 438900       | 0.00000          | 0.999991           |                |
| P 213.617                  | 2            | Lin, Calc Int   | 22.1             | 2806         | 0.00000          | 0.999885           |                |
| Pb 220.353                 | 2            | Lin, Calc Int   | 64.2             | 66350        | 0.00000          | 0.999998           |                |
| Sb 206.836                 | 2            | Lin, Calc Int   | -3.6             | 16530        | 0.00000          | 1.000000           |                |
| Se 196.026                 | 2            | Lin, Calc Int   | -10.3            | 9869         | 0.00000          | 0.999998           |                |
| Sr 407.771                 | 2            | Lin, Calc Int   | 2761.0           | 2994000      | 0.00000          | 0.999998           |                |
| V 292.464                  | 2            | Lin, Calc Int   | 404.3            | 693000       | 0.00000          | 0.999999           |                |
| Zn 206.200                 | 2            | Lin, Calc Int   | -105.4           | 213400       | 0.00000          | 1.000000           |                |
| Tl 276.787                 | 2            | Lin, Calc Int   | 7.2              | 44180        | 0.00000          | 1.000000           |                |

**Figure.** Calibration summary.

The results obtained during the laboratory analysis of the solid waste of the facility are shown below table 2.

**Table 2.**

*Results of solid waste analysis.*

| <b>Assigned indicators</b> | <b>Used catalyst</b> |
|----------------------------|----------------------|
| Silver Ag, mg / kg         | <0.1                 |
| Cobalt Co, mq / kg         | 15290                |
| Copper Cu, mg / kg         | <0.4                 |
| Iron Fe, mg / kg           | 1718                 |
| Potassium K, mg / kg       | 34                   |
| Manganese Mn, mg / kg      | 89.3                 |
| Molybdenum Mo, mq / kg     | 18240                |
| Sodium Na, mg / kg         | 406                  |
| Nickel Ni, mg / kg         | 3290                 |
| Lead Pb, mg / kg           | <0.4                 |
| Zinc Zn, mg / kg           | 30                   |

As can be seen from the results obtained from the tables, the reasons for the formation of each of the ecotoxicant substances in the solid waste sample taken from the refinery's water treatment plant can be explained as follows:

- Volatile ecotoxicants are formed during the purification of sulfur, nitrogen and oxygen in the distillates Autol 8 and Autol 15 with hydrogen gas. The cause of toxicants is the presence of organic compounds, mixtures of hydrocarbons and metal salts of various structures, and chemical

transformations that occur during the technological process under the influence of catalysts, pressure and temperature up to 280-310°C.

- Catalysts in the reactors of the plant sometimes burn and become unusable in accidents caused by a sharp rise in temperature. As a result, waste metals are formed in the processed, burned catalysts.

As can be seen from the table, the amount of metals such as Co, Fe, Ni, Mo is many times higher than normal and this is due to the chemical composition of the alumocobaltmolybdenum and aluminicelmolybdenum catalysts. The presence of dissolved ecotoxigants in the solid waste sample of the plant is mainly due to the content of sulfur, nitrogen, oxygen, metals, etc. in the raw materials distillates Autol 8 and Autol 15, as well as the content of petroleum acids, alumocobaltmolybdenum and aluminosilicolumolibenum used in the purification process.

Thus, the following explanations can be given briefly about the technological process of hydrotreating of petroleum distillates and the reactions that take place during this process.

The hydrotreating process is carried out in a hydrogen environment in the presence of aluminocobaltmolybdenum and aluminicelmolybdenum catalysts at high temperatures - 350-430°C, 30-70 atmospheres, circulating hydrogen gas in the ratio of 100-600 m<sup>3</sup> of raw material and 60-95% hydrogen. Reactions such as hydro-desulfurization, hydrocracking, hydrogenation of unsaturated hydrocarbons, isomerization of paraffin and naphthenic hydrocarbons occur during this process [5-9].

During the hydrogenation process, different types of waste are formed depending on the nature of each compound in the oil distillate. Phenols, ketones, alcohols in the resin formed in the technological process are easily reduced by hydrogen. The mixture of these resins is saturated with hydrogen and broken down to form hydrocarbons, hydrogen sulfide, ammonia and the above-mentioned ecotoxigant compounds. Solid wastes containing a mixture of dissolved ecotoxigants are separated from the technological process.

That is why every gas, liquid, solid waste formed during the process of hydrogen purification of petroleum distillates in the oil refining industry has a negative impact on the environment in various ways.

One of the main directions of our scientific research is the ecological assessment of the environmental impact of solid wastes formed in the process of hydrogen purification of petroleum distillates.

### **Results and discussions**

The following explanations can be given about the results of the research:

- The degree of content of ecotoxigants in the main solid waste sample formed in the technological process of hydrogen purification of petroleum distillates was determined by environmental analysis by spectral method.

- The reasons for the production of many metal compounds in the solid waste of the hydrotreating process and our initial classification are given.

Each of the ecotoxigant metals in the catalyst sample developed during the study, based on the information provided in the technological literature on environmental and sanitary permissible concentration limits, can cause environmental pollution. Therefore, the storage and disposal of these wastes must be carried out in accordance with the rules that meet modern environmental safety requirements.

As it is known, even in the developed countries of the world, such negative impact on the environment is inevitable as a result of methods such as treatment, transportation and burial of solid waste generated in the oil refining industry.

Thus, given the extensive information in the technical literature on the effects of each identified ecotoxigant on human health and the ecosystem and biosphere in general, and their allowable concentrations, additional explanations of the effects of these substances on the environment are not needed.

The assessment of the ecological impact of technological processes on the environment, depending on the composition of raw materials, based on the identification of ecotoxins in the various types of waste generated in this facility, can be considered scientifically based.

### **Conclusion**

According to the results of the research, it can be noted that the solid wastes generated in the hydrogen treatment plant of oil refineries have a composition that will damage of the soil structure. Therefore, we consider it reasonable to send the waste to the company that sells the catalyst for disposal at the required level and arrange for its regeneration there. Because it is very likely that the company that produces the catalyst has every opportunity.

When refining petroleum oils with hydrogen, waste generation and environmental impact are inevitable. Until today, in order to prevent this, these wastes are buried in the ground and neutralized. This causes the soil to become petrified, its pores filled, its structure disturbed and it becomes unusable. In our opinion, these catalysts can be used as a construction material by adding them to concrete instead of stone and gravel. Considering the hardness, radiation safety and molybdenum content of catalysts, their use in concrete preparation is suggested as an environmentally friendly idea.

### **REFERENCES**

1. Davydova, S.L. Environmental problems of oil refining / S.L. Davydova, V.V. Teplyakov. – D13. – Proc. Allowance. – M.: RUDN University. – 2010. – pp. 54-67.
2. Sukhanov, V.P. Oil refining / V.P. Sukhanov. – Учебник. М.: Высшая школа, – 1974. – 211.
3. Ajamov, K.Y. Catalyst and adsorbent preparation technology / K.Y. Ajamov, N.N. Bagirova, S.A. Mammadkhanova, E.A. Huseynova. – Baku, – 2011. – pp. 181-182.
4. Shperber, E.R. Some kinds of wastes of oil refineries and their classification / E.R. Shperber. Environ. Prot. Oil-And-Gas Indus. – 2011. – pp. 27-32.
5. Bellussi, G. Hydroconversion of heavy residues in slurry reactors: Developments and perspectives / G. Bellussi, G. Rispoli, A. Landoni, R. Millini, D. Molinari, E. Montanari // Journal of Catalysis. – 2013. – pp. 189-200. DOI: 10.1016/j.jcat.2013.07.002
6. Ching Thian Tye. Catalysts for hydroprocessing of heavy oils and petroleum residues / Ching Thian Tye. – 2019. – pp. 12. DOI: 10.5772/intechopen.89451
7. Rana, M.S. A review of recent advances on process technologies for upgrading of heavy oils and residues / M.S. Rana, V. Sámano, J. Ancheyta, J. Diaz // Fuel. 214. – 2007. – pp. 1216-1231. DOI: 10.1016/j.fuel.2006.08.004
8. Rodríguez, E. Modeling of hydrotreating catalyst deactivation for heavy oil hydrocarbons / E. Rodríguez, G. Félix, J. Ancheyta, F. Trejo // Fuel. 225. – 2018. – pp. 118-133. DOI: 10.1016/j.fuel.2018.02.085
9. Sahu, R. A review of recent advances in catalytic hydrocracking of heavy residues / R. Sahu, B.J. Song, J.S. Im, Y.-P. Jeon, C.W. Lee // Journal of Industrial and Engineering Chemistry. – 2015. – pp. 12-24. DOI: 10.1016/j.jiec.2015.01.011

### **XÜLASƏ**

#### **NEFT YAĞLARININ HİDROGENLƏ TƏMİZLƏNMƏSİ PROSESİNDƏ YARANAN BƏRK TULLANTILARIN TƏRKİBİNDƏ OLAN EKOTOKSİKANT MADDƏLƏRİN TƏYİNİ**

*Hacıyeva S.R., Bayramov Q.İ., Hüseynli A.M.*

*Açar sözlər: neft distillatları, hidrogenlə təmizləmə, spektral metod, ekotoksikant maddələr, bərk tullantılar, katalizator*

Məqalədə neft yağlarının hidrogenlə təmizlənməsi prosesi zamanı alınan bərk tullantılardan götürülmüş nümunənin tərkibində olan ekotoksikant maddələrin miqdarının təyini üzrə analizlər aparılmışdır. Bərk tullantı dedikdə proses zamanı istifadə olunan AlCoMo və AlCoNi katalizatorlarının işlənmiş və ya yanımış tullantıları nəzərdə tutulur. Bərk tullantı nümunəsinin tərkibində olan ekotoksikant

maddələrin miqdarı spektral metodlarla təyin edilmişdir və cədvəl şəklində göstərilmişdir. Alınmış nəticələrə əsasən yağların hidrogenlə təmizlənməsi qurğusunda texnoloji proses zamanı formalaşan bərk tullantıların ətraf mühitə ekoloji təsirinin qiymətləndirilməsini aparmaq mümkündür.

#### РЕЗЮМЕ

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОТОКСИКАНТНЫХ ВЕЩЕСТВ, СОДЕРЖАЩИХ ТВЕРДЫЕ ОТХОДЫ, ОБРАЗУЮЩИЕСЯ В ПРОЦЕССЕ ВОДОРОДНОЙ ОЧИСТКИ НЕФТЯНЫХ МАСЕЛ

*Гаджиева С.Р., Байрамов Г.И., Гусейнли А.М..*

**Ключевые слова:** нефтяные дистилляты, очистка водорода, спектральный метод, экотоксиканты, твердые отходы, катализатор.

В статье проведен анализ количества растворенных экотоксикантов в пробе, отобранной из твердых отходов, полученных в процессе гидроочистки нефтяных масел. Под твердыми отходами понимаются переработанные или сожженные отходы катализаторов AlCoMo и AlCoNi использованных в процессе. На основании полученных результатов можно оценить воздействие на окружающую среду твердых отходов, образующихся в ходе технологического процесса на установке гидроочистки гидроочистки масел.

|                   |               |            |
|-------------------|---------------|------------|
| Daxilolma tarixi: | İlkin variant | 19.04.2023 |
|                   | Son variant   | 05.07.2023 |

**ANİLİN ELEKTROKİMYƏVİ SİSTEMDƏ BROMLAŞDIRILMASI**<sup>1</sup>HƏTƏMOV MƏTLƏB MURTUZ oğlu [ORCID](#)<sup>2</sup>MURADOV MAHAL MƏİL oğlu [ORCID](#)<sup>3</sup>ABDULLAYEVA MİNAYƏ BİLAL qızı [ORCID](#)<sup>4</sup>RÜSTƏMOVA GÜLNARƏ CƏFƏR qızı [ORCID](#)

Sumqayıt Dövlət Universiteti, Azərbaycan, 1,2- dosent,3- k.e.i., 4-doktorant

[bilalqiz@inbox.ru](mailto:bilalqiz@inbox.ru)

**Açar sözlər:** anilin, bromlaşdırıcı agent, elektrokimyəvi sistem, asetilanilid, qrafit elektrodlar, aktivlik təsiri, sirkə turşusu, natrium qələvisi

Məlumdur ki, anilin və onun halogenli törəmələri üzvi sintezdə, xüsusilə kimya sənayesində boya maddələrinin istehsalında, əczaçılıq sənayesində preparatların, aqrar sənayedə pestisidlərin, partlayıcı maddələrin, kauçukun vulkanlaşdırılmasında və plastik kütlələrin alınmasında sürətləndirici kimi geniş istifadə olunur. Hal-hazırda anilin ümumi dünya istehsalı ildə 4 mln.tona yaxındır [1].

Anilin yan məhsul kimi ağac emalı sənayesində, sellüloz-kağız istehsalında, faydalı qazıntıların çıxarılması zamanı böyük miqdarda alınır. Odur ki, anilin və onun halogenli törəmələrinin alınması və tətbiq sahələrinin genişləndirilməsi elmi və praktiki cəhətdən müasir dövrdə aktualdır, qeyd edilməlidir ki, kimya sənayesinin geniş vüsət alması ilə əlaqədar bu birləşmələrə maraq hələ keçən əsrin ortalarından müşahidə olunmağa başlamışdır [2].

Ədəbiyyat araşdırmalarının təhlili göstərir ki, aromatik karbohidrogenlər və onların törəmələrinin o cümlədən anilin halogenləşməsi kimyəvi metodlarla həyata keçirilmişdir, lakin anilin elektrokimyəvi sistemdə bromlaşdırılmasına praktiki olaraq baxılmamışdır.

Qeyd edilməlidir ki, fiziki faktorların təsiri bir qayda olaraq atomar (radikal), ion-kimyəvi, bəzi hallarda isə atomar (peroksidlər) reaksiyaların yaranmasına səbəb olur. Sərbəst halogenlərlə halogenləşmə zamanı müxəlif katalizatorlar və fəal həlledicilər və s. istifadə olunur ki, bu da molekulyar halogeni istər müsbət halogen ionuna, istərsə də atom (radikal) halogenə çevirmək məqsədi daşıyır. Prosesin əsasında asan dissosiasiya edən aralıq halogenərkibli birləşmələr durur. Molekulyar halogen mənbəyi kimi istifadə edilən birləşmələr prinsipə sərbəst halogenlərin istifadə olunmasından az fərqlənir, belə ki, azad olunmuş molekulyar halogen reaksiyaya daxil olmamışdan əvvəl homolitik və yaxud heterolitik parçalanmaya (ilkin halogenərkibli birləşmənin təbiətindən asılı olaraq əlavələr olarsa və s.) uğramalıdır. Lakin bu halda da dozırovkanın sadəliyi və halogenləşmə prosesinin gedişinin tənzimlənməsinin mümkünüyü, aralıq reaksiyaların (əsasən də oksidləşmə) olmaması az əhəmiyyət daşıyır, əsas üstünlüyü isə sərbəst halogenlərdən istifadə olunmanın əvəzinə asan dissosiasiya edən halogenərkibli birləşmələrin tətbiq edilməsindən ibarətdir.

Müsbət yüklənmiş halogenli birləşmələrə halogen oksidləri, hipohalogenit turşuları və onların duzları, qarışıq anhidridlər, efirlər, amid və imidlər, həmçinin müsbət birvalentli xlor, brom ionlarının duzabənzər birləşmələri, yodun birvalentli və üçvalentli ionu aid edilir. Prinsip etibarı ilə göstərilən bütün bu birləşmələr halogenləşmə agentləri kimi istifadə olunur, həqiqətən də onların əksəriyyəti geniş tətbiq sahələri tapmışdır.

Hipohalogenit turşusunun duzlarından ancaq natrium və kalsiumun hipoxloritləri bərk halda alınmışdır. Digər duzları yalnız məhlulda məlumdur, onları isə sərbəst halogenlə qələvinin suda

məhluluna təsir etməklə alırlar. Bu zaman, hipohalogenitlərlə yanaşı ekvimolekulyar miqdarda hidrogenhalogenit turşularının duzları da əmələ gəlir.

Hipoxlorit turşusunun məhlulları yaxud onların duzları saxlandığında atomar oksigenin ayrılması ilə parçalanır, işığın təsiri ilə isə ayrılma prosesi güclənir, güclü mineral turşuların iştirakında hipohalogenit turşuları sərbəst molekulyar və yaxud atomar halogenə qədər parçalanır. Hipohalogenitlə halogenləşmədə halogenləşdirici agentin həqiqi təbiətini sona qədər həll olunmuş saymaq olmaz, bir sıra hallarda, məsələn, m-anizol-sulfoturşunun natrium duzunu hipobromit turşusu ilə bromlaşdırıldıqda, həqiqi bromlaşdırıcı agent brom kationu olur. E.Şilov və N.Kanaevin göstərdiyi kimi bu zaman, sərbəst xlorid yaxud hidrogen bromid turşusu iştirakında molekulyar brom yaxud bromxlorid bir-birindən asılı olmayaraq təsir edir. Aktivliklərinə görə bromlaşdırıcı agentlər aşağıdakı sıra üzrə yerləşir:  $\text{BrOH} < \text{Br}_2 < \text{BrCl} < \text{Br}^+$  m-nitrofenolun hipobromit turşusu və bromlu su ilə bromlaşması reaksiyasının kinetikasının öyrənilməsinə əsasən Frensis son qərara gəlmişdir ki, bu reaksiyada həqiqi bromlaşma agenti məhz brom kationudur. Bromlaşma mexanizminə belə baxış digər tədqiqatçılar tərəfindən də ifadə olunmuşdur. Halogenləşmə agentini kimi hipohalogenit turşuları və onların duzları sərbəst halogenlə müqayisədə bir sıra üstünlüklərə malikdirlər, belə ki, hipohalogenit turşuları və onların duzları ilə halogenləşmədə hidrogenhalogenit, halooid tamamilə halogenləşmənin alınmasına sərf olunur. İkincisi, hipohalogenit turşuları (duzları) asan dozirovka olunur. Üçüncüsü, halogenləşmə bir qayda olaraq çox mülayim şəraitdə baş verir. Lakin hipohalogenit turşuları (duzları) halogenləşdirici agent kimi bir sıra çatışmazlıqlara da malikdir. Onlardan ən mühümü isə hipohalogenit turşularının (duzlarının) oksidləşdirici xassə göstərməsi və çox vaxt isə halogenləşmə təsiri ilə yanaşı üzvi maddənin molekulunu da oksidləşdirməsidir, odur ki, asan oksidləşən maddə ilə işləyərkən mütləq bu amil nəzərə alınmalıdır. Hipohalogenit turşularının istifadə olunmasının çətinliyi turşunun, eləcədə duzlarının hətta duru məhlullarda belə az davamlı olmasıdır. Nəhayət, halogenləşmə hipohalogenit turşuları və onların duzları ilə bir qayda olaraq sulu məhlulda aparılır, su isə əksər üzvi maddələr üçün uyğun həlledici sayılmır. Göstərilən bu kimi nöqsanlar, şübhəsiz ki, onların istifadə olunma imkanlarını məhdudlaşdırır [3].

Adətən hipohalogenit turşularının neytral yaxud zəif qələvi məhlullarından istifadə olunur. Qeyd etmək lazımdır ki, güclü qələvi məhlullarında hipohalogenitlər yalnız oksidləşdirici xassə göstərir. Hər şeydən əvvəl hipohalogenitlərlə halogenləşmə prosesi duzun hazır məhlulu ilə deyil, qələvi məhluluna halogenlə təsir etməklə aparılır.

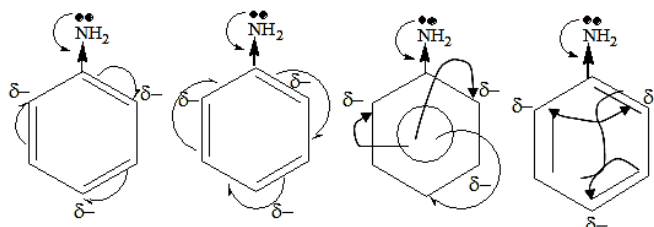
Anilin və fenolun  $\text{HBrO}$  turşusu ilə bromlaşdırılması zamanı dərhal tribrom törəmələri əmələ gəlir, ftal turşusu və nitrobenzol isə dəyişilməz qalır. Fenola analoji olaraq digər oksibirləşmələr də polibromlar əmələ gətirir, məsələn, m-krezol 0,1 n  $\text{HBrO}$  məhlulu ilə otaq temperaturunda 75% çıxımla 2,4,6- tri-brom-m-krezol; o- və p- nitrofenollar, 4,6-dibrom-o-nitrofenol və 2,6-dibrom-p-nitrofenola qədər (çıxım 72% və 86%) bromlaşır. Qələvi hipobromitləri ilə bromlaşma reaksiyaları fenolların nümunəsində daha yaxşı öyrənilmişdir. Fenolun suda məhlulunu natriumhipobromitlə qarışdırdıqda dərhal 2,4,6-tribromfenol əmələ gəlir, lakin brom məhlulunun soda məhluluna ehtiyatlı təsirindən həmçinin 70% çıxımla p-bromfenol da almaq olur. o-, m- və p-krezollar da monobromtörəmələrinə qədər yaxşı bromlaşır (çıxım 60-84% təşkil edir) [4].

Amin qrupu da hidrosil qrupu kimi nüvədə halogenləşmə, nitrolaşma və sulfolaşma prosesini asanlaşdırır. Aromatik aminlər halogenlə həddən artıq asan reaksiyaya daxil olur, bu məqsədlə molekulda bir brom atomu daxil etmək üçün adətən, aminlərin asetil törəmələrindən istifadə edilməsi vacib şərtlərdən hesab olunur. Proses zamanı anilindən əsasən p-bromanilin və az miqdarda da o-bromanilin alınır, sonrakı halogenləşmə 2,4-dibrom və nəhayət, 2,4,6-tribromanilin alınmasına (yaxud, onların uyğun asetil törəmələrini) gətirir. Halogen atomu amin qrupuna nəzərən o- yaxud p- vəziyyətdə yerləşdikdə aminlərin əsaslıq xassələri kifayət qədər zəifləyir, m- vəziyyətdə isə aminin əsaslığına çox az təsir göstərir.

Elektrofil agentin köməyi ilə aromatik birləşmələrə halogenin daxil edilməsinin üç ümumi metodu məlumdur: 1) molekulyar halogen; 2) molekulyar halogenin katalizator iştirakında (yodun halogenidləri, qalay (IV), dəmir (III), stibium (V) və aluminium); 3) müsbət yüklənmiş halogen, adətən daşıyıcı ilə əlaqəli olur, məsələn hipohalogenit turşusunda olduğu kimi. Bu metodlardan birinin seçilməsi aromatik substratın nukleofilliyindən asılıdır. Brom ilə anilin arasında reaksiya müəyyən qədər sürətli gedir, bu reaksiyanı durulaşdırılmış sulu məhlullarda, otaq temperaturunda aparmaq olur. Hətta bu şəraitdə reaksiyanı 2,4,6-tribromanilin alınmasından əvvəl dayandırmaq olmur, bu onunla şərtlənir ki, hər mərhələdə əmələgələn bromanilin özündən əvvəlkindən daha zəif əsas xassəli olur, odur ki, onun protonlaşma qabiliyyəti daha cüzi olur. Anilin molekulunun aminqrupunda olan azot atomunun cütləşmiş elektronları aromatik sistemlə əlaqəyə girərək +M effekti yaradır, nəticədə elektronların aromatik nüvəyə daxil olması baş verir, nəticədə para- və orta- vəziyyətlərdə elektrofil həmlə üçün onu daha reaksiyaqabiliyyətli edir. Halogenləşmə zamanı anilinin funksional qrupuna toxunulmur. Su iştirakında anilin çox asanlıqla reaksiyaya girir, bu onunla izah olunur ki, o reaksiyanın gedişini sürətləndirir və elektrofil hissəcikləri bərpa edir, başqa sözlə Lyis turşuları funksiyasını yerinə yetirir. Digər sinif üzvi birləşmələrin manedici təsir göstərməsi minimum olmalıdır, belə ki, belə şəraitdə halogenlərlə çox böyük üstünlüklə fenol, anilin və onların homoloqları qarşılıqlı təsirdə olacaqdır. Halogenin artığı reaksiya yekunlaşdıqdan sonra hər hansı qeyri-üzvi reduksiyaediciyə əlavə olunması ilə asanlıqla kənarlaşdırılır. Nəticədə alınan törəmələr suda və üzvi həlledicilərdə daha davamlıdır [5].

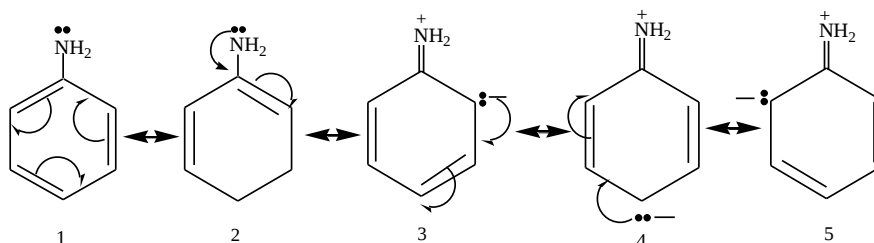
Funksional qruplara görə aktiv hidrogen atomları saxlayan birləşmələrin törəmələri adətən suyun və yaxud digər kiçikmolekullu məhsulların ayrılması ilə gedən dönmə proseslər nəticəsində əmələ gəlir. Belə törəmələr su iştirakında qeyri stabildirlər və asanlıqla hidroliz olunurlar, məhz bu səbəbdən anilinin halogenli törəmələrinin alınması bilavasitə asilləşmə yolu ilə yerinə yetirilir [6].

Anilinin monohalogenləşməsini həyata keçirmək üçün əvvəlcə onun asilləşdirilməsi mühüm mərhələlərdən sayılır. Bu zaman aminqrupunun elektronodonor xassəsi azalır və onun həcmi böyüyür. Əvəzedici atomda sərbəst elektron cütü olduqda əvəzedicilər üçün  $-J$  və  $+M$  effekti xarakterikdir, məsələn,  $NH_2$ ,  $OH$ .



$\sigma$ -kompleksdə əvəzedicinin stabilləşdirici təsiri orta- və para- vəziyyətdə meydana çıxır.

Anilin molekulunda olan azotun qoşalaşmış elektronları aromatik sistemə (fenilə) daxil olur, bu halda anilin molekulunu bir neçə rezonans strukturu (quruluşu) şəklində təsvir etmək olar:



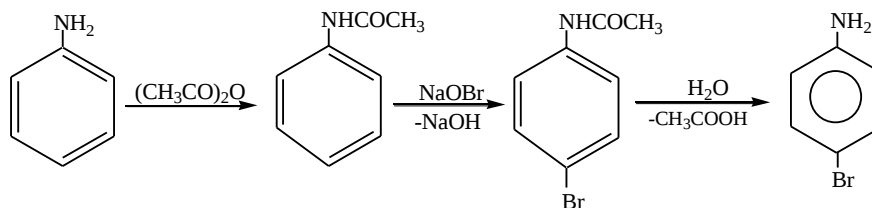
Belə qoşulma nəticəsində azot elektronlarının  $H^+$  ilə əlaqə yaratması üçün daxil olması kifayət qədər azalır və alifatik aminlərlə müqayisədə aromatik aminlər daha zəif əsaslıdır.

Halogenin ( $Cl_2$ ,  $Br_2$ ) orta- yaxud para- vəziyyətə daxil olması üçün aminqrupunun asilləşmə yolu ilə əlavə müdafiəsi aparılır, bu da əlavə reaksiya ilə aminin oksidləşməsinin qarşısını alır. Bir sıra işlərdə anilinin bromlaşdırılması üçün molekulyar bromdan istifadə olunması

təklif olunur [7]. Bu bromlaşdırma prosesləri-nin həyata keçirmək üçün sirkə turşusu [8], izooktan, dietil efiri [9] və etanol [10] göstərilir. Bu şəraitlərin seçilməsi görünür, bromun suda fəallığı ilə əlaqədardır, onun oksidləşmə-reduksiya potensialı turş və neytral mühitlərdə 0.9-1.1V-a çatır.

Təqdim olunan işin məqsədi elektrokimyəvi sistemdə anilinin halogenli törəmələrinin alınmasını birbaşa təmin edən halogenləşdirici sistemin tərkibinin işlənməsini, anilinin halogenləşmə şəraitinin seçilməsini nəzəri və təcrübi yolla əsaslandırılmasından, elektrokimyəvi üsulla anilinin bromlaşdırılması prosesinin optimal rejiminin müəyyən edilməsindən, məhsulun təmizlik dərəcəsinin və çıxımının artırılmasından ibarətdir.

Laboratoriya praktikasında anilin çox vaxt sirkə anhidridi ilə assilləşdirilir.



N – asetilanilinin (asetanilid), halogenləşməsi otaq temperaturunda, katalizator iştirak etmədən aparılır.

Asetamid qrupu orta-, para- orientat adlanır, asetil qrupunun elektronodonor təsiri hesabına az aktivlik təsirinə malik olur.

**Təcrübi hissə.** Həcmi 200 ml olan, qrafit elektrodlar (anod və katod) olaraq mexaniki qarışdırıcı və əks soyuducu ilə təchiz olunmuş, şüşədən hazırlanmış elektroliz qurğusuna 5.64 q (0.04 mol) asetilanilid, 20 ml buzlu sirkə turşusu əlavə edilir, həllolmanın başa çatması üçün yüngülcə qızdırılır. Sonra temperaturu 40°C temperaturunda saxlamaqla (slindrik qurğu temperaturu tənzimləmək üçün köynəyə malikdir) elektroliz qurğusuna 8.3 q (0.078 mol) NaBr məhlulu (20%-li) əlavə edilir, elektroliz qurğusuna sabit cərəyan mənbəyindən 15 dəq müddətində 10A cərəyan verilir. Reaksiya başa çatdıqdan sonra reaksiya kütləsi 10 dəqiqə saxlanılır və 200 ml suya əlavə edilir. Alınmış sarı rəngin rəngsizləşməsinə qədər oraya NaHSO<sub>3</sub> məhlulu əlavə olunur.

Çökmüş çöküntü filtirlənir, su ilə yuyulur və qurudulur. 35 ml 20%-li NaOH məhluluna və 15 ml spirtə 6.3 q (0.025 mol) 4-brom-N-asetilanil əlavə edilir və 1 (bir) saat müddətində qarışığı qaynadılır. Məhlul soyudulduqdan sonra çökən çöküntü filtirlənir, su ilə yuyulur və qurudulur. Çıxım 4.8 q (76%). Cərəyana görə çıxım isə  $\frac{4.8}{8} \cdot 100 = 60\%$  təşkil edir.

**Nəticələr və onların müzakirəsi.** Anilində olan funksional qrupun sayəsində güclü +M effektinin yaranması aromatik nüvədəki para- və orta- vəziyyətlərindəki hidrogen atomlarının mütəhərrikliyini artırmaqla elektrofil əvəzlənmə reaksiyasını, xüsusilə halogenləşdirməni sürətləndirir. Yəni, anilin molekulunun aminqrupunda olan azot atomunun cütləşmiş elektronları aromatik sistemlə əlaqəyə girərək +M effekti yaradır, elektronların aromatik nüvəyə daxil olması baş verir, elektrofil həmlə üçün şərait yaranmış olur və anilini daha da reaksiyaqabiliyyətli edir.

Yerinə yetirilən iş anilinin aromatik nüvəsində əvəzlənməni (brom) müəyyən etmək üçün həyata keçirilmiş və onun iki mərhələli elektrokimyəvi modifikasiyasını, yəni halogen atomunun funksional qrup üzrə (asilləşmə) aromatik nüvəyə daxil olmasını özündə birləşdirir.

Aparılan təcrübələrin nəticələrinin analizi göstərir ki, anilinin bromlu törəmələri su mühitində bromun oksidləşmə fəallığının azaldılması şərti ilə alına bilər. Bromlaşdırma prosesi kiçik (aşağı) oksidləşmə fəallığına malik, bromu məhsula çevirmə qabiliyyətli reagentlərin iştirakında aparılır və bir sıra sistemləri xarakterizə edir. Belə ki, bromid ionlarının iştirakında bromun oksidləşmə-reduksiya potensialı 0.7-0.8V-a qədər azalır, ilkin reagentlərin bromlu törəmələrə konversiyası və onların sulu həlledicilərdə davamlılığı yüksəlir.

## ƏDƏBİYYAT

1. Vogt, P.F. Amines, Aromatik / P.F. Vogt, Gerulis // Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry / Отв. Ред. В.Elvers. – Weinheim. Germany: Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, 2000. – С. 1-20.
2. Груздев, И.В. Многофункциональная дериватизация для газохромато-графического определения следов замещенных фенолов и анилинов в водных средах / дисс. раб. на соиск. уч. степ. докт. хим. наук / Сыктывкар, 2016. –с. 8
3. Шилов Е.А., Канаев Н. ДАН СССР, 24, 890 (1932).
4. Desiraju, G. The Weak Hydrogen Bond / G. Desiraju, T. Steiner. – New York: Oxford University Press, 2001. – 480 с.
5. Агрономов, А.Е. Избранные главы органической химии / А.Е.Агрономов. – М.: Химия, 1990. – 560 с.
6. Zenkevich I.G. In Encyclopedia of Chromatography. (Ed. J.Cazes). CRC Press. Boca Raton. 2010. P. 562
7. Wegman R.C.C. De Korte G.A.L. Int. J. Environ. Anal. Chem., 9. 1 (1981)
8. Dados, A.E. Determination of Aromatic Amines in Textile After Bromination, by Gas-Chromatography Coupled with Electron Capture Detection / A.E.Dados, C.D.Stalikas, G.A.Pilidis // Chromatographia. – 2004. – Т. 59. - № 5-6. – с. 335-341.
9. Косыченко Л.И., Изория Л.Г., Ступченко Л.В. Гигиена и санитария. 6. 71 (1990)
10. Y.Hoshika. G.Muto. J. Chromatogr., A. 179. 105 (1979)

## РЕЗЮМЕ

### БРОМИРОВАНИЕ АНИЛИНА В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

*Гатамов М.М., Мурадов М.М., Абдуллаева М.Б., Рустамова Г.Дж.*

**Ключевые слова:** анилин, бромлирующий агент, электрохимическая система, ацетиланилид, графитовые электроды, эффект активности, уксусная кислота, натриевая щелочь

Представленная работа посвящена бромированию анилина в электрохимической системе. На основании анализа результатов проведенных опытов установлено, что процесс осуществляется при слабом нагревании ацетила-нилида в ледяной уксусной кислоте и поддержании температуры 40°C в при-сутствии NaBr в качестве бромлирующего агента. Выход полученного продукта составляет 76%, а по току - 60%.

## SUMMARY

### BROMINATION OF ANILINE IN AN ELECTROCHEMICAL SYSTEM

*Gatamov M.M., Muradov M.M., Abdullaeva M.B., Rustamova G.J.*

**Keywords:** aniline, brominating agent, electrochemical system, acetylanilide, graphite electrodes, activity effect, acetic acid, sodium alkali

The presented work is devoted to the bromination of aniline in an electrochemical system. Based on the analysis of the results of the conducted experiments, it was determined that the process is carried out by slightly heating acetylanilide in glacial acetic acid and keeping the temperature at 40°C in the presence of NaBr as a brominating agent. The output of the obtained product is 76%, and according to the current - 60%.

|                   |               |            |
|-------------------|---------------|------------|
| Daxilolma tarixi: | İlkin variant | 05.04.2023 |
|                   | Son variant   | 10.07.2023 |

УДК 665.6

DOI 10.54758/16801245\_2023\_23\_3\_35

## ПРОПИЛОВЫЕ ЭФИРЫ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА КАК ДОБАВКА К ДИЗЕЛЬНОМУ ТОПЛИВУ

<sup>1</sup>МАМЕДОВА ТАРАНА АСЛАН ГЫЗЫ [ORCID](#)<sup>2</sup>АЙДЫНОВА ШЕБНЕМ ЯБИЛЬ ГЫЗЫ [ORCID](#)<sup>3</sup>АЛИЕВА ЗУЛЬФИЯ МЕХТИ ГЫЗЫ [ORCID](#)<sup>4</sup>МАМЕДОВА ЭЛЬНУРА ИСФАНДИЯР ГЫЗЫ [ORCID](#)

Институт Нефтехимических Процессов им. акад. Ю.Г.Мамедалиева  
Баку, Азербайджан, 1-д.т.н. доцент, 2-докторант, 3-к.т.н., 4-технолог  
[shebnem.ajdynova@mail.ru](mailto:shebnem.ajdynova@mail.ru)

**Ключевые слова:** дизельные топлива, биодизельные топлива, пропиловые эфиры жирных кислот подсолнечного масла, компаунды, качественные показатели, многофункциональные добавки

В настоящее время с целью улучшения качественных показателей дизельных топлив применяются различные кислородсодержащие добавки, среди которых широкое распространение получили биодизельные топлива. В статье рассматривается получение биодизельного топлива на основе жирных кислот подсолнечного масла и пропанола. Затем полученные пропиловые эфиры жирных кислот подсолнечного масла в качестве кислородсодержащей добавки введены в состав гидроочищенной и деароматизированной дизельной фракции в количестве 5-10%. Изучены физико-химические свойства полученных компаундов. Было установлено, что пропиловые эфиры жирных кислот подсолнечного масла улучшают качественные показатели полученных компаундов и исходя из этого, они могут быть рекомендованы в качестве многофункциональной добавки к дизельному топливу.

**Введение.** Как известно, одной из актуальных проблем современности является производство экологически безопасных дизельных топлив (ДТ), которые обеспечивают нормальную работу двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и наносят меньшее загрязнение окружающей среде. В то же время резкое увеличение количества автомобилей и других видов транспортных средств [1], а также ограничение нефтяных запасов вызывает необходимость получения топлив из альтернативного сырья [2].

Применение альтернативных видов топлива приводит к снижению вредных выбросов благодаря более полному сгоранию во время работы ДВС. В частности, вызывают интерес альтернативные топлива, полученные на основе возобновляемого сырья.

Среди таких альтернативных видов топлив для дизельных двигателей широкое распространение получили биодизельные топлива (БТ), представляющие собой производные растительных масел и жиров животного происхождения. БТ может применяться практически без изменений в конструкции двигателя и смешиваться с ДТ в любом соотношении [3, 4].

Следует отметить, что БТ, обладая почти схожим с ДТ энергетическим потенциалом, имеют важнейшие преимущества как с экологической, так и с технической точек зрения. БТ не токсичны, т.к. не содержат сернистых соединений и полициклических ароматических углеводородов, что объясняет почти полное отсутствие этих соединений в выхлопных газах, а также имеют высокую температуру воспламенения, что делает их использование более безопасным. Кроме этого, как в двигателях внутреннего сгорания, так и в технологических агрегатах, при сжигании БТ за счет имеющейся в их молекуле атомов кислорода обеспечивается значительное уменьшение несгоревших углеводородов в атмосферу. БТ

повышают цетановое число и смазывающую способность топлив, что приводит к значительному увеличению ресурса двигателя на 60% [5-8].

Учитывая вышеперечисленные особенности, представленная работа была посвящена получению БТ на основе жирных кислот растительных масел (в данном случае жирных кислот подсолнечного масла) и простых спиртов (пропанола) и использованию их в качестве кислородсодержащей добавки к гидроочищенной дизельной фракции (ГДФ) и деароматизированной дизельной фракции (ДДФ).

**Экспериментальная часть.** Для получения БТ была проведена реакция трансэтерификации жирных кислот подсолнечного масла пропанолом. Процесс проводился в трехгорлой колбе, снабженной мешалкой и термометром. До начала процесса в колбу было помещено рассчитанное количество пропанола (в соотношении спирт : масло 6:1), далее был добавлен катализатор (KOH или NaOH) из расчета 1% от количества подсолнечного масла. Когда температура процесса достигла температуры кипения пропанола, через делительную воронку каплями добавляли взвешенное количество подсолнечного масла. Смесь в колбе в течении 5-6 часов выдерживалась при заданной температуре и постоянно перемешивалась под струей азота. После завершения процесса смесь была перенесена в делительную воронку, где расслаивалась на верхний - топливный (пропиловые эфиры жирных кислот подсолнечного масла – ПЭЖКПМ) и нижний - глицериновый слои. После сливания нижнего слоя, верхний слой отмывался от следов щелочи и нейтрализовался кислотами до нейтрализации с дальнейшей промывкой, а затем был высушен на ротационном испарителе. Далее были изучены физико-химические свойства полученного продукта (ПЭЖКПМ), данные которых представлены в таблице 1.

**Таблица 1.**

*Физико-химические свойства пропиловых эфиров жирных кислот подсолнечного масла*

| Показатели                                        | ПЭЖКПМ |
|---------------------------------------------------|--------|
| Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с, 20°C | 4,85   |
| Плотность, кг/м <sup>3</sup> , 20°C               | 986,3  |
| Фракционный состав, °C                            |        |
| 50% перегоняется при                              | 310    |
| 90% перегоняется при                              | 348    |
| 96% перегоняется при                              | 355    |
| Температура застывания, °C                        | -10    |
| Температура помутнения, °C                        | -3     |
| Температура вспышки в закрытом тигле, °C          | 125    |
| Коэффициент преломления, 20°C                     | 1,4547 |
| Йодное число, йод г/100г                          | 105,2  |
| Содержание серы, %                                | 0,0001 |
| Кислотность, мг КОН/100 г                         | 0,32   |
| Зольность, %                                      | 0,01   |

Как видно из таблицы 1, полученные ПЭЖКПМ обладают высокой плотностью (986,3 кг/м<sup>3</sup>) и вязкостью (4,85 мм<sup>2</sup>/с), а по фракционному составу соответствуют пределам кипения дизельных фракций. Кроме этого, для ПЭЖКПМ характерны высокая температура вспышки, равная 125°C и высокое значение йодного числа – 105,2 г J<sub>2</sub>/100г, что связано с жирнокислотным составом использованного масла. В составе полученного ПЭЖКПМ содержится незначительное количество серы (0,0001%) и отсутствуют ароматические соединения. Эти особенности дают возможность применять полученные ПЭЖКПМ в качестве кислородсодержащей добавки к ДТ.

Получение ПЭЖКПМ подтверждено ИК спектром, представленным на рис 1.

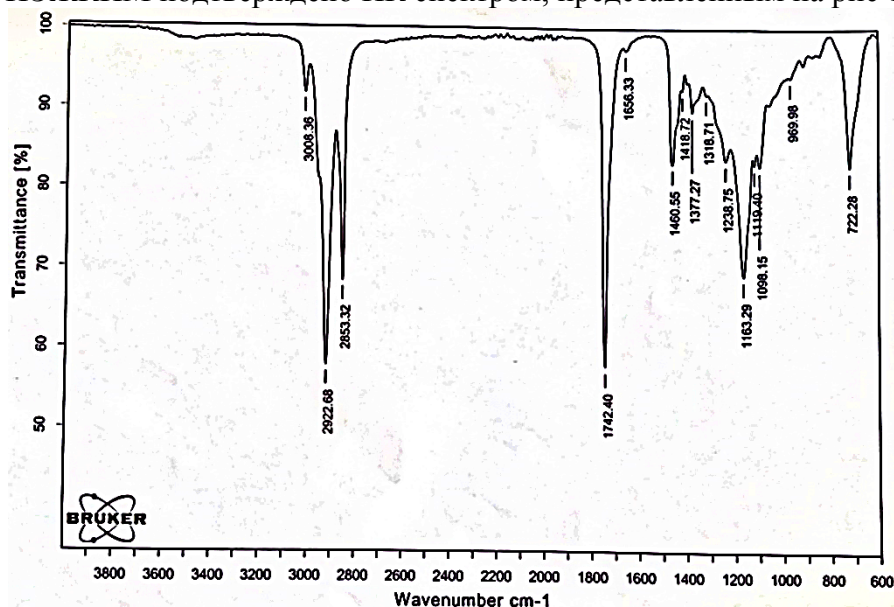


Рис 1. ИК спектр пропиловых эфиров жирных кислот подсолнечного масла

В ИК спектре ПЭЖКПМ наблюдались следующие полосы поглощения: при 722, 1377, 1460  $\text{см}^{-1}$  – деформационные колебания С-Н-связи  $-\text{CH}_2$  и  $-\text{CH}_3$ -групп; при 2853, 2922  $\text{см}^{-1}$  – валентные колебания С-Н-связи  $-\text{CH}_2$  и  $-\text{CH}_3$ -групп; при 1163  $\text{см}^{-1}$  – валентные колебания С-О-связи сложного эфира; при 1742  $\text{см}^{-1}$  – валентные колебания С=О-связи сложного эфира; при 1656, 3008  $\text{см}^{-1}$  – валентные колебания С=С-связи.

Как было отмечено выше, полученные ПЭЖКПМ затем были применены в качестве кислородсодержащей добавки к ГДФ и ДДФ. С этой целью ПЭЖКПМ были добавлены в состав ГДФ в количестве 5-10% и изучены физико-химические свойства полученных компаундов, данные которых представлены в таблицах 2.

Таблица 2.

Физико-химические свойства 5-10%-ных компаундов гидроочищенной дизельной фракции с пропиловыми эфирами жирных кислот подсолнечного масла

| Показатели                                                       | EN-590<br>(2004) | ГДФ    | Компаунды на основе<br>ГДФ и ПЭЖКПМ |        |
|------------------------------------------------------------------|------------------|--------|-------------------------------------|--------|
|                                                                  |                  |        | 5%                                  | 10%    |
| Кинематическая вязкость, $\text{мм}^2/\text{с}$ , 20°C, не более | 2,0-6,0          | 2,48   | 3,50                                | 3,55   |
| Плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$ , 20°C, не более               | 860,0            | 846,8  | 848,0                               | 850,2  |
| Фракционный состав, %                                            |                  |        |                                     |        |
| 50% перегоняется при                                             | 280              | 280    | 275                                 | 277    |
| 90% перегоняется при                                             | 350              | 345    | 325                                 | 332    |
| 96% перегоняется при                                             | 360              | 355    | 352                                 | 360    |
| Температура застывания, °C, не более                             | -10 (-35)*       | -35    | -32                                 | -29    |
| Температура помутнения, °C, не более                             | -25 (-10)*       | -25    | -22                                 | -18    |
| Температура вспышки, °C, не менее                                | 55               | 65     | 68                                  | 70     |
| Йодное число, йод г/100г, не более                               | 6                | 0      | 2,4                                 | 3,6    |
| Содержание серы, %, не более                                     | 0,0350           | 0,0280 | 0,0266                              | 0,0250 |
| Кислотность, мг КОН/100 г, не более                              | 5                | 0,81   | 0,77                                | 0,70   |
| Содержание ароматических у/в, %                                  | -                | 16,0   | 15,5                                | 14,8   |
| Цетановое число, не менее                                        | 51               | 45     | 46                                  | 47     |
| Диаметр пятна износа, мм                                         | 0,460            | 0,596  | 0,448                               | 0,435  |

Как видно из таблицы 2, добавление в состав ГДФ ПЭЖКПМ в количестве 5-10% благоприятно сказывается на качественных показателях полученных компаундов. Наблюдается увеличение плотности и вязкости, температуры вспышки на 3-5°C, цетанового числа на 1-2 пункта. Одновременно с этим наблюдается уменьшение содержания серы и ароматических углеводородов до 0,0250% и 14,8% соответственно, улучшение противоизносных свойств полученных компаундов. Так, если для ГДФ диаметр пятна износа составляет 0,596 мм, то для 5%-ного компаунда – уменьшается до 0,448 мм, а для 10%-ного – еще уменьшается и составляет 0,435 мм, что удовлетворяет современным требованиям стандарта EN-590 (2004) на ДТ.

Как известно, содержание в составе ДТ ароматических углеводородов служит причиной выброса в атмосферу несгоревших углеводородов, образованию сажи на клапанах, уменьшению цетанового числа ДТ и т.д. С учетом этого на следующем этапе проведения исследования была получена деароматизированная дизельная фракция и полученные биодизельные эфиры (ПЭЖКПМ) были добавлены в ее состав в количестве 5-10% и определены физико-химические свойства полученных компаундов. Полученные данные представлены в таблице 3.

**Таблица 3.**

*Физико-химические свойства 5-10%-ных компаундов деароматизированной дизельной фракции с пропиловыми эфирами жирных кислот подсолнечного масла*

| Показатели                                                  | EN-590<br>(2004) | ДДФ    | Компаунды на основе<br>ДДФ и ПЭЖКПМ |        |
|-------------------------------------------------------------|------------------|--------|-------------------------------------|--------|
|                                                             |                  |        | 5%                                  | 10%    |
| Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с, 20°C, не более | 2,0-6,0          | 2,15   | 3,02                                | 3,15   |
| Плотность, кг/м <sup>3</sup> , 20°C, не более               | 860,0            | 826,4  | 845,6                               | 847,0  |
| Фракционный состав, %                                       |                  |        |                                     |        |
| 50% перегоняется при                                        | 280              | 275    | 278                                 | 280    |
| 90% перегоняется при                                        | 350              | 335    | 327                                 | 335    |
| 96% перегоняется при                                        | 360              | 355    | 358                                 | 360    |
| Температура застывания, °C, не более                        | -10 (-35)*       | -30    | -20                                 | -22    |
| Температура помутнения, °C, не более                        | -25 (-10)*       | -21    | -11                                 | -12    |
| Температура вспышки, °C, не менее                           | 55               | 72     | 75                                  | 76     |
| Йодное число, йод г/100г, не более                          | 6                | 0      | 2,4                                 | 3,6    |
| Содержание серы, %, не более                                | 0,0350           | 0,0250 | 0,0185                              | 0,0170 |
| Кислотность, мг КОН/100 г, не более                         | 5                | 0,20   | 0,18                                | 0,16   |
| Содержание ароматических у/в, %                             | -                | 0      | 0                                   | 0      |
| Цетановое число, не менее                                   | 51               | 46     | 53                                  | 54     |
| Диаметр пятна износа, мм                                    | 0,460            | 0,785  | 0,410                               | 0,372  |

Как видно из таблицы 3, добавление в состав ДДФ ПЭЖКПМ в количестве 5-10% также благоприятно сказывается на качественных показателях полученных компаундов. Температура вспышки увеличивается на 3-4°C, а цетановое число – на 7-8 пунктов. Одновременно с этим наблюдается уменьшение содержания серы до 0,0170% и диаметра пятна износа. Так, если для ДДФ он составляет 0,785 мм, то для 5%-ного – уменьшается до 0,410 мм, а для 10%-ного еще уменьшается и составляет 0,372 мм, что удовлетворяет современным требованиям стандарта EN-590 (2004) на ДТ.

**Выводы.** Т.о. на основании проведенных экспериментов было выявлено, что применение полученных ПЭЖКПМ в качестве кислородсодержащей добавки к ДТ улучшает

его качественные показатели. Исходя из этого, ПЭЖКПМ могут быть рекомендованы в качестве многофункциональной добавки к ДТ.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Чжан Д., Шарифуллин А.В., Харитонов Е.В. Экологические аспекты использования оксигенатных добавок в качестве компонентов дизельных топлив // Scientific achievements of the third millennium, -2018, T1, -с. 21-24
2. Опарина Л.А., Колыванова Н.А., Гусарова Н.К. и др. Оксигенатные добавки к топливу на основе возобновляемого сырья // Известия вузов. Прикладная биотехнология, -2018, Т.8, №1, -с. 19-33
3. Маммадова Т.А. «Зеленая» химия и экологически безопасные топлива. Баку, «Beynəlxalq kitab», -2021, -304 с.
4. Мовсумзаде М.М., Ахмедов И.М., Махмудова Л.Р., и др. Разработка топливных композиций на базе биодизельных и дизельных топлив, улучшающих эксплуатационные свойства дизельных двигателей // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт, -2015, №9, -с. 40-41
5. Гафуров Н.М., Хакимуллин Б.Р., Багаутдинов И.З. Основные направления альтернативной энергетики. // Инновационная наука, -2016, № 4-3, -с. 74-76
6. Гафуров Н.М., Хисматуллин Р.Ф. Особенности производства биодизельного топлива из биомассы // Инновационная наука, -2016, №5-2 (17), -с. 68-69
7. Гафуров Н.М., Хисматуллин Р.Ф. Преимущества биодизельного топлива // Инновационная наука, -2016, № 5-2(17), -с. 72-74
8. Беликова А.А., Кубылькина С.Ю., Шишакина О.А., Паламарчук А.А. Преимущества и недостатки биодизельного топлива // Новые информационные технологии как основа эффективного инновационного развития. Сборник статей Международной научно-практической конференции, -2020, T1, -с. 30-32.

### XÜLASƏ

#### GÜNƏBAXAN YAĞI TURŞULARININ PROPİL EFİRLƏRİ DİZEL YANACAĞINA ƏLAVƏ KİMİ

*Məmmədova T.A., Aydınova Ş.Y., Əliyeva Z.M., Məmmədova E.İ.*

**Açar sözlər:** *dizel yanacağı, biodizel yanacağı, günəbaxan yağı turşularının propil efirləri, kompaundlar, keyfiyyət göstəriciləri, çoxfunksiyalı əlavələr*

Hazırda dizel yanacaqlarının keyfiyyət göstəricilərini yaxşılaşdırmaq məqsədi ilə müxtəlif oksigen tərkibli əlavələrdən istifadə olunur, bunların da arasında biodizel yanacaqları geniş yayılmışdır. Məqalədə günəbaxan yağı turşuları və propanolun əsasında biodizel yanacağının alınmasından bəhs edilir. Daha sonra alınmış günəbaxan yağı turşularının propil efirləri oksigen tərkibli əlavə kimi hidrotəmizlənmiş və aromatsızlaşdırılmış dizel fraksiyasının tərkibinə 5-10% küt. daxil edilmişdir. Alınan kompaundların fiziki-kimyəvi xassələri öyrənilmişdir. Məlum olmuşdur ki, günəbaxan yağı turşularının propil efirləri alınan kompaundların keyfiyyət göstəricilərini yaxşılaşdırır. Buna əsaslanaraq, alınan efirləri dizel yanacağına çoxfunksiyalı əlavə kimi tövsiyə etmək olar

### SUMMARY

#### PROPYL ESTERS OF FATTY ACIDS OF SUNFLOWER OIL AS AN ADDITIVE TO DIESEL FUEL

*Mammadova T.A., Aydinova Sh.Ya., Aliyeva Z.M., Mammadova E.I.*

**Keywords:** *diesel fuels, biodiesel fuels, propyl esters of fatty acids of sunflower oil, compounds, quality indicators, multifunctional additives*

Currently, in order to improve the quality indicators of diesel fuels, various oxygen-containing additives are used, among which biodiesel fuels are widely used. The article discusses the production of

biodiesel fuel based on fatty acids of sunflower oil and propanol. Then the obtained propyl esters of fatty acids of sunflower oil as an oxygen-containing additive were introduced into the composition of the hydrotreated and dearomatized diesel fraction in the amount of 5-10%. The physicochemical properties of the obtained compounds have been studied. It was found that propyl esters of fatty acids of sunflower oil improve the quality of the obtained compounds. Based on this, they can be recommended as a multifunctional additive to diesel fuel.

|                   |               |            |
|-------------------|---------------|------------|
| Daxilolma tarixi: | İlkin variant | 15.07.2023 |
|                   | Son variant   | 07.09.2023 |

## NANOHISSƏCİKLƏRİN QURULUŞ VƏ ÖLÇÜLƏRİNİN MÜƏYYƏN EDİLMƏSİ ÜSUL VƏ METODLARI

<sup>1</sup>RƏHİMLİ NƏRGİZ TƏHMASİB qızı [ORCID](#)

<sup>2</sup>ZEYNALOV NİZAMİ ALLAHVERDİ oğlu

<sup>3</sup>MƏMMƏDOVA ÜLVİYYƏ ƏHMƏD qızı [ORCID](#)

*akad. M.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutu, Bakı, Azərbaycan*

*1-doktorant, 2-b.e.i., 3-dosent*

[narciss.rehim93@mail.ru](mailto:narciss.rehim93@mail.ru)

**Açar sözlər:** nanohissəciklər, ölçmə üsulları, TEM, SEM, AQM

**Giriş.** Nanoelm və nanotexnologiya fənlərarası tədqiqat sahəsidir. Buna görə də nanoölçülü strukturu tam qavramaq üçün fizika, kimya və biologiya kimi elmləri dərinlən başa düşmək, eləcə də materiallar, elektronika, maşınqayırma, kimya mühəndisliyi və biomühəndislik haqqında tətbiqi biliklər tələb olunur. Nanotexnologiya materialların əsas fiziki və kimyəvi xassələrini dəyişməyə, materialın ölçülərini nanoölçüyə çevirməyə, bununla da unikal elektrik, optik və mexaniki xassələrə malik yeni materialların alınmasına zəmin yaradır. Ölçüsü 100 nm və ya daha az olan nanomateriallar doldurucular, katalizatorlar, yarımkeçiricilər, kosmetik məmulatları, mikroelektronika, dərman daşıyıcıları, enerji saxlayan və sürtünməsiz örtük materialları kimi kommersiya məqsədi ilə daha çox istifadə olunurlar. Xüsusilə toksikoloji bioanalizlər və ya biomühəndislik sahəsində 100 nm-dən kiçik materiallarla hər hansı tədqiqatlar apararkən, materialın fiziki-kimyəvi xassələrinin yaxşı müəyyən edilib-edilməməsi və tədqiqatın məqsədinə uyğun olub-olmaması qeyd edilməlidir. Tədqiqatlarda istifadə olunacaq karbon nanoborucuqlarının, kvant nöqtələrinin və ya metal əsaslı NH-lərin xassələri, ölçüsü, ölçü bölgüsü, strukturu və kristallığı, tərkibi, məsaməliliyi, səthinin sahəsi, səth funksionallığı, səth yükü və spesifikasiyası, aqreqasiyası və konsentrasiyası təhlil etməklə müəyyən edilir (Şəkil) [1].

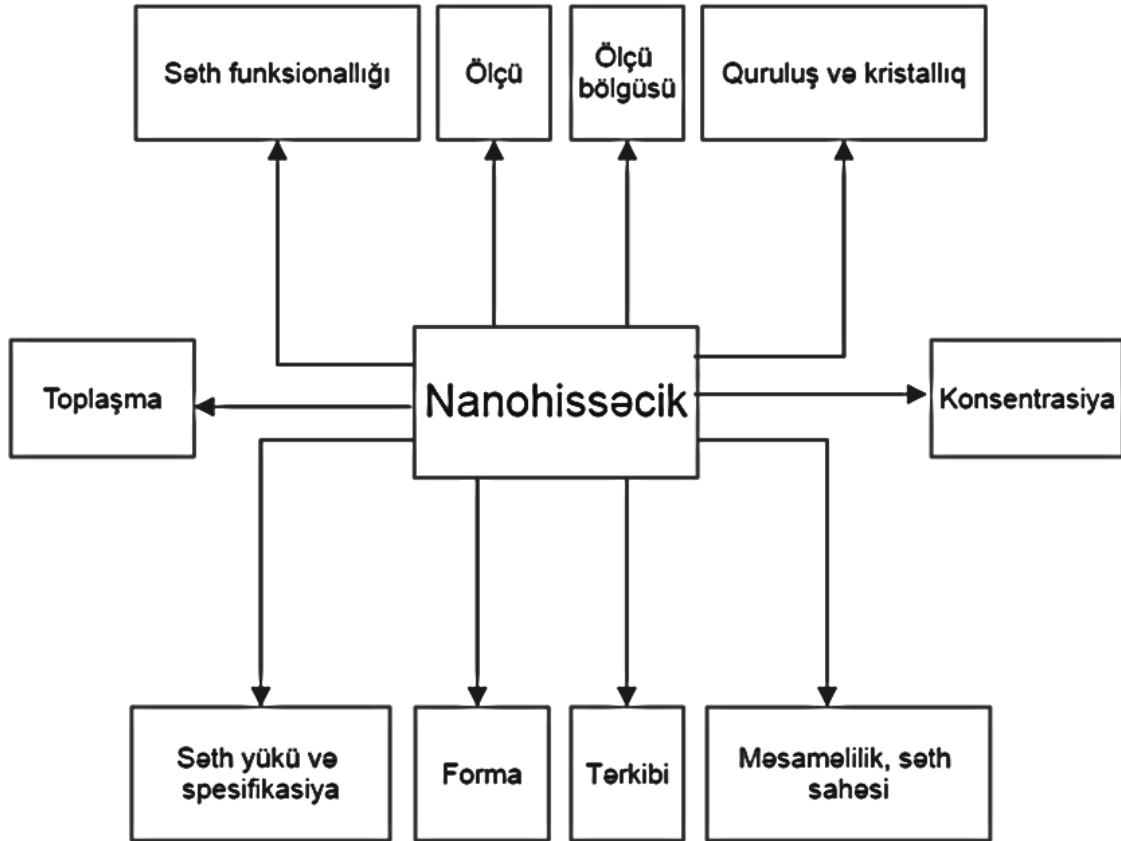
Nanokimya - kimyəvi sintez üsullarından istifadə etməklə müxtəlif ölçülərdə, formalarda, kompozisiyalarda və səth strukturlarında atom və molekulardan başlayaraq nanoölçülü materialların hazırlanmasıdır. Nanoölçülü materialların sintezi asan olsa da, onları bir ölçü, formada sintez etmək və onları birləşdirərək yeni ağıllı funksiyalı qurğular dizayn etmək asan deyil. Nanomaterialları təşkil edən atomların böyük hissəsi səthdədir. Bu materialların səthlərinə və səth xüsusiyyətlərinə kimyəvi üsullarla nəzarət etmək, onların atom və molekulyar ölçülərində yeni xüsusiyyətlərini əldə etmək, müəyyən funksiyaya həssaslaşdırmaq nanokimyanın mühüm tədqiqat mövzularındandır [2].

### Metodlar

NH-lərin identifikasiyası üçün geniş spektrli analitik üsullar olmasına baxmayaraq, ekoloji və maye matrislərdə (mühitin ümumi fakturasında) NH-lərin miqdarını və xassələrini kəmiyyətə müəyyən etmək üçün istifadə olunan analitik və spektroskopik üsullar çox azdır. Nanomaterialların kolloid faza və aqreqatlar əmələ gətirmə qabiliyyəti, müxtəlif adsorbsiya və udma xüsusiyyətləri, forma və ölçülərin müxtəlifliyi onların kəmiyyətinin müəyyən edilməsini çətinləşdirir [1].

Nanoölçüdə ölçmə və görüntüləmə xüsusi üsullar tələb edir. Eyni zamanda analitik üsullar, nümunələrin degradasiyasını minimuma endirməlidir ki, laboratoriya analizləri ətraf mühit tərəfindən təsirlənməyən şəraiti əks etdirə bilsin [3,4]. Mikroskopik yanaşmalar, xromatoqrafiya, sentrifugalama və filtrasiya, spektroskopik və digər əlaqəli üsullar daxil olmaqla NH-lərin konsentrasiyası, xassələri, aşkarlanması və xarakteristikası haqqında məlumat vermək üçün

müxtəlif yanaşmalar və çoxsaylı analitik üsullar mövcuddur [5].



*Şəkil. Nanohissəciklərin xarakteristik analizlərini göstərən model*

Mikroskopik üsullara optik, elektron və skanedici pro mikroskop üsulları daxildir. Skanedici yaxın sahə optik mikroskopiyası (SYSOM) NH-lərin ölçüləri optik mikroskopiyanın aşkarlama limitindən aşağı olduğundan, NH aqreqatlarının təsviri üçün 50 və 100 nm arası görüntü imkanına malik SYSOM modifikasiya edilmiş görüntüləmə texnikasından istifadə edilə bilər [6]. Konfokal mikroskop/Konfokal lazer skanedici mikroskop (KLSM) flüoresan nümunələri aşkarlaya bilməsi və qalın nümunələri göstərə bildiyi üçün kolloid nümunələrini xarakterizə etmək üçün istifadə edilə bilər [7]. NH-lərin vizuallaşdırılması/xarakteristikası üçün ən məşhur üsullar Transmissiya Elektron Mikroskopiyaya (TEM), Skanedici Elektron Mikroskopiyaya (SEM) üsullarıdır. Bu texnikaya əsaslanaraq, sub-nanometr diapazonunda görüntülər əldə edilə bilər. Atom Qüvvət Mikroskopiyasından (AQM), (SEM) və (TEM) istifadə etməklə NH-lər təkcə vizuallaşdırılmaqla qalmır, həm də aqreqasiya, dispersiya, udma, ölçü, quruluş və forma kimi xüsusiyyətləri də müşahidə edilə bilər [8]. TEM-də bir görüntü əldə etmək üçün elektronlar nümunə vasitəsilə ötürülür (buna görə də nümunə çox nazik olmalıdır). SEM-də səpələnmiş elektronları görmək üçün nümunə interfeysdə yerləşir. Ümumiyyətlə, yüngül atomları elektron mikroskop altında təsvir etmək daha çətin, çünki onlar elektronları daha az səmərəliliklə səpələyirlər [9]. analitik elektron mikroskopiyaya (AEM); analitik (əsasən spektroskopik) alətlər adətən AEM kimi tanınan əlavə element tərkiblərinin təhlili üçün elektron mikroskoplarla birləşdirilə bilər. Məsələn, itirilmiş elektron enerji spektroskopiyası (EES) və enerji dispersiyası rentgen spektroskopiyası (EDRS) elementar analiz üçün istifadə olunur. Bunlar TEM ilə birləşdirildikdə nümunənin əsas tərkibi haqqında əlavə məlumat verir [8]. Seçilmiş sahə elektron difraksiyası (SSD); NH-lərin kristal xassələri haqqında məlumat verir [10]. Bu metodların güclü olmasına baxmayaraq, onların bəzi çatışmazlıqları var. Bunlar nümunə dağıdıcı üsullardır və buna görə də nümunələr yalnız bir dəfə təhlil edilə bilər. AQM istifadə edərək, NH-ləri tamamilə maye vəziyyətdə görmək mümkündür.

AQM ilə molekullararası qüvvələr dəqiq ölçülə bilər və xüsusi hazırlıq prosesi tələb olunmadan materiallara istənilən mühitdə baxmaq olar [11]. AQM skanedici zond mikroskopları (SZM) ailəsinə aiddir [12]. Kimyəvi qüvvə mikroskopiyası (KQM) metoduyla ayrı-ayrı atomların təbiəti təsvir edilə bilər [13-14].

### **Mikroskopik Texnika ilə Transmissiya Elektron Mikroskopiyası**

Transmissiya Elektron Mikroskopu (TEM) görüntülmə və difraksiya üsullarını birlikdə istifadə edərək materialların mikrostruktur müayinəsini və kristal strukturlarının təyini təmin edə bilən xüsusi material xarakterizə cihazıdır. Başqa sözlə, çox kiçik və nazik sahələrdən materialın kristalloqrafik və morfoloji məlumatlarına nanometr miqyasında, milyon dəfə böyütmələrdə eyni vaxtda daxil olmağı təmin edən bir texnikadır. TEM, elektron şüasının nümunədən keçməsinə vizuallaşdırıcı yüksək böyüdücü ölçmə texnikasıdır [15].

TEM, olduqca incə nümunədən elektron dəstəsinin keçirilməsi nəticəsində nümunə və elektronlar arasında meydana gələn müxtəlif birləşmələrin işlənməsi ilə görüntünün əldə edildiyi bir mikroskop metodudur. Keçirilən işığın dəstəsindəki genişlik (amplituda) və faza dəyişmələri nümunə qalınlığının (elektron dəstəsinin keçməsi lazım olan material miqdarı) və materialın bir funksiyası olan görüntü kontrastını təmin edir. Bu üsul nümunəni işıqlandırmaq üçün işıqdan deyil, elektronlardan istifadə etdiyinə görə, TEM təsviri işığa əsaslanan görüntülmə üsullarından əhəmiyyətli dərəcədə yüksək ayırdetmə qabiliyyətinə malikdir. Sürətlənmiş elektronlar aşağıda Broqli dalğa uzunluğuna görə çox yüksək ayırdetmə təsvirləri verir. Nümunədən keçən elektronlar birbaşa təsvirlər əldə etmək üçün istifadə oluna bildiyi halda, müxtəlif müstəvilərdən baş verən və Lauye şərtlərinə cavab verən difraksiyalardan da görüntü əldə etmək üçün istifadə olunur. Difraksiya nümunələrində baş verən aydınlıq sahə və qaranlıq sahənin istifadə edilməsi ilə aydınlıq/qaranlıq sahə üsulları təsvirdə ayrı-ayrı istifadə olunur [16-18].

TEM-dən istifadə edərək NH-lərin uğurlu təsviri nümunənin fonla bağlı nisbi kontrastından asılıdır. Nümunələr NH-ləri təsvir etmək üçün nazik bir karbon təbəqəsi ilə örtülmüş mis torda NH-ləri qurutmaqla hazırlanır. Elektron sıxlığı amorf karbondan əhəmiyyətli dərəcədə yüksək olan materiallar asanlıqla vizuallaşdırılır. Bu materiallara bir çox metallar (məsələn, gümüş, qızıl, mis, alüminium), bir çox oksidlər (məsələn, silisium oksidi, alüminium oksidi, titan oksidi) və polimer NH-ləri, karbon nanoboruqları, kvant nöqtələri və maqnit NH-ləri daxildir. TEM təsviri birbaşa hissəcik ölçüsünü, dənəcik ölçüsünü, ölçü paylanması və NH-lərin morfolojiyasını birbaşa ölçmək üçün üstünlük verilən üsuldur. Ölçmə dəqiqliyi adətən həqiqi dəyərin 3%-i daxilində olur. NH-lərin TEM şəkillərini əldə etmək üçün maye mühitin həlledicisinin bir damlası (8-10 µL) qalınlığı 50 Å qalınlığında və diametri 3 mm olan karbon örtülmüş mis torlara atıldıqdan və qurudulduqdan sonra hissəciyin morfoloji quruluşu, diametri və ölçü paylanmasını göstərən təsvirlər, TEM cihazından əldə edilir. Bundan əlavə, NH-lərin ölçü paylanmaları imageJ kimi proqramlardan istifadə etməklə mütənasib olaraq müəyyən edilə bilər [17,18].

### **Skanedici elektron mikroskopiya (SEM)**

Skanedici elektron mikroskop (SEM), çox kiçik bir sahəyə fokuslanmış yüksək enerjili elektronlarla hissəcik səthinin skan edilməsi prinsipi əsasında işləyir. SEM yüksək dəqiqlikli bir təsvir yaratmaq üçün vakuum mühitində yaradılan və eyni mühitdə elektromaqnit linzalarla seyrətilərək bir elektron şüası ilə tədqiq ediləcək materialı analiz etmək imkanı verir. SEM analizində təsvirin alınması, yüksək gərginliklə sürətləndirilmiş elektronların nümunə üzərində fokuslanması, bu elektron şüasının nümunə səthində skan edilməsi zamanı elektron və nümunə atomları arasında müxtəlif müdaxilələr nəticəsində yaranan təsirlərin müvafiq sensorlarda toplanması və siqnal gücləndiricilərindən keçdikdən sonra onu katod şüa borusunun ekranına köçürməklə səth təsviri alınır [19, 20].

Yüksək vakuumda sürətlənmiş elektronlar maqnit linzalarından istifadə edilərək tədqiq ediləcək nümunənin üzərinə düşür. Elektronlarla nümunə arasında müxtəlif qarşılıqlı təsirlər nəticəsində geri səpələnmiş elektronlar, ikinci dərəcəli elektronlar, Auger elektronları və rentgen şüaları əmələ gələ bilər. Təsvir bu nəticələri müvafiq sensorların köməyi ilə toplayaraq yenidən

ekrana göstərməklə əldə edilir. SEM-də ümumiyyətlə təsvirlər yaratmaq üçün ikinci dərəcəli elektronlardan istifadə olunur. Əldə edilən təsvirlərdən həm mikro, həm də nano miqyasda hissəciklərin ölçüsü və hissəciklərin yerləşdirilməsi haqqında ətraflı iki ölçülü məlumat əldə etmək olar [18].

İstənilən maye halda olmayan və maye xassələri daşımayan nümunə araşdırıla bilər. Keçirici olmayan nümunələr çox nazik (təqribən 3 Å/san) keçirici materialla örtülərək müayinə oluna bilər. Bioloji nümunələrdə maye ola bilər, belə materialların tədqiqi üçün kritik nöqtəli quruducu (critical point drier) nümunənin strukturunu və formasını pozmadan qurudulur və mikroskop altında müayinə üçün yararlı hala gətirilir. Nümunənin xarakterinə görə dəyişən vakuum vaxtı gözlənilir. Bu vaxt orta hesabla 30 dəqiqədir. Vakuum müddəti başa çatdıqdan sonra nümunənin səth formasının təsviri çəkilə bilər. Nümunənin elementar analizi 3 dəqiqə çəkir. Lakin vaxt tamamilə yoxlanılacaq nümunənin xarakterindən asılıdır [18, 20].

### **Atom Qüvvət Mikroskopiyası**

Atom Qüvvət Mikroskopu (AQM) anqstremdən (Å) (10-10m) 100 mikrona (μ) qədər səth topoqrafiyasına baxa bilən mikroskopdur. Bu cihazla molekullarası qüvvələr dəqiq ölçülə bilər və xüsusi hazırlıq prosesi tələb olunmadan istənilən mühitdə materiallara baxmaq olar. AQM-də tədqiq ediləcək materialın təsvirini yaratmaq üçün diametri 100 nm-dən az olan çox incə silikon ucdan istifadə olunur. Silikon ucu material səthində hərəkət edərkən, materialın üzərindəki atomlar silikon ucundakı atomları itələyir, silikon ucun hündürlüyü material səthinə tətbiq olunan qüvvənin sabit qalmasını təmin etmək üçün tənzimlənir. Ölçmə mexanizmi ucun yuxarı və aşağı hərəkətlərini qeyd edir və bu məlumatı kompüterə ötürür ki, bu da nümunə materialının səthinin üçölçülü təsvirini yaradacaq. Beləliklə, tam səth topoqrafiyası dəqiq hündürlük məlumatları ilə qeydə alınır və səthdəki hər bir atom görünə bilər. AQM-də təsvirlərin alınması ilə yanaşı nanostrukturların formalaşmasında da istifadə olunur [18, 21].

AQM biomaterialların təsvirində əhəmiyyət qazanır, çünki təbii səthə ciddi ziyan vurmur. AQM-nin əsas gücü onun sub-nanometr miqyasda sulu mayələr altında müxtəlif biomaterialları təsvir etmək qabiliyyətidir. Bununla belə, əsas çatışmazlıq ondan ibarətdir ki, konsol ucun ölçüsü ümumiyyətlə öyrənilən nanomaterialların ölçülərindən daha böyükdür və nəticədə nümunələrin yanal ölçülərinin (lateral dimensions) əlverişsiz həddən artıq qiymətləndirilməsi ilə nəticələnir. Floresensiya üsullarından fərqli olaraq, AQM xüsusi molekulları aşkar etmək və ya yerləşdirmək qabiliyyətindən məhrumdur; lakin bu çatışmazlıq hüceyrə səthlərində tək funksional molekulları araşdırmaq və ya aşkar etmək qabiliyyətinə malik olan liqand, hüceyrə yapışma molekulu və ya kimyəvi qrup daşıyan AQM konsol ucu ilə tək molekul qüvvə spektroskopiyasında son nailiyyətlərlə aradan qaldırıldı [22].

NH vizuallaşdırılması üçün AQM-nin əsas məhdudiyyəti uc geometriyasının adətən skan edilmiş hissəciklərdən daha böyük olmasıdır. Bu halda, skanlama hissəcik topoqrafiyasının başlanğıcında və ofsetində səhvlərə gətirib çıxarır, nəticədə NH-lərin eninə ölçülərinin həddindən artıq hesablanmasına səbəb olur. Buna görə dəqiq ölçüləri yalnız hissəciklərin hündürlüyündə aparılmalı və eninə olan ölçülər çox diqqətlə istifadə edilməlidir [12].

AQM, ölçmə üçün oksidsiz, elektrik keçirici səthlər tələb etməyən və bir ucunda iti səthi olan mikro mexanikləşdirilmiş konsol (adətən silikon və ya silikon nitriddən hazırlanır) ehtiva edən Skanlayıcı Zond Mikroskopu (SZM) görüntüləmə alətidir. Konsol ucunun elektrostatik və Van-der-Vaals itələməsi nəticəsində yaranan əyilməsini və ucundakı atomlarla ölçülən səthdəki cazibə nöqtələrini aşkar etmək üçün ucunda iti ucu var. Titrəmə konsolu daha sonra təqribən 0,5 nm şaquli ayırmaq qabiliyyətinə malik təsviri əldə etmək üçün nümunənin səthini skan edir. AQM həmçinin nanomaterialların ölçüsünü, formasını, strukturunu, udulmasını, paylanması və birləşməsini araşdırmaq üçün istifadə edilə bilər [22].

**Nəticə.** Nanoölçülü materialların daha yüngül, daha möhkəm, proqramlaşdırıla bilən materiallar olması, istehsal mərhələsində daha az materialdan istifadə edilməsi, daha az enerji tələb olunması, heç bir qalıq materialın istehsal edilməməsi kimi üstünlükləri nəzərə alınmaqla, NH-lərin

istehsalı və xassələrinin müəyyən edilməsi mühüm məsələlərdəndir. Üstün xüsusiyyətlərinə görə demək olar ki, hər sahədə istifadə olunmasına görə istehsaldan sonra nanölçünün saxlanması və birbaşa yaxud dolayı müxtəlif təsirlərini araşdırmaq vacibdir. Buna görə də NH-lərin xassələri, ölçüsü, ölçü bölgüsü, strukturu, tərkibi və s. müəyyən edilməsi üçün müxtəlif analitik ölçmə və görüntüləmə üsullarından istifadə olunur. Transmissiya Elektron Mikroskopiya (TEM), Skanedic Elektron Mikroskopiya (SEM) və Atom Qüvvət Mikroskopu (AQM) geniş istifadə olunan ölçmə və görüntüləmə üsullarıdır. NH-lərin görüntülənməsi üçün hissəciklərin ölçüsünü, quruluşunu, formasını, aqreqasiyasını və paylanmasını müəyyən etməkdə TEM və SEM analiz üsulları uğurla tətbiq edilir. AQM ilə molekullarası qüvvələr dəqiq ölçülə bilər və materialların hər hansı bir mühitdə təsviri xüsusi hazırlıq tələb olunmadan həyata keçirilə bilər.

### **ƏDƏBİYYAT**

1. Farré M., Gajda-Schranz K., Kantiani L., Barceló G. (2009). Ecotoxicity and analysis of nanomaterials in the aquatic environment. *Anal Bioanal Chem* 393:81–95
2. Ozin, G.A., ve Arsenault, A.C., (2005). “A Chemical Approach to Nanomaterials”, *Nanochemistry*, Royal Society of Chemistry Publisher.
3. Gimbert, L.J., Worsfold, P.J., Haygarth, P.M. (2007). Processes Affecting Transfer Of Sediment and Colloids, With Associated Phosphorus, From Intensively Farmed Grasslands: Colloid and Sediment Characterization Methods. *Hydrol Processes*. 21:275–279.
4. Mavrocordatos, D., Perret, D., Leppard, G.G. (2007). Strategies And Advances in the Characterization of Environmental Colloids by Electron Microscopy. in: Wilkinson KJ, Lead JR, Editors. *Environmental Colloids And Particles: Behaviour, Structure and Characterization*. Chichester: Wiley. –pp. 345– 404.
5. Chau, C-F., Wu, S-H., Yen, G-C. (2007). The Development of Regulations for Food Nanotechnology Trends in Food. *Science & Technology*. 18.5: –pp.269-280.
6. Maynard AD. (2000). Overview of Methods for Analysing Single Ultrafine Particles *Philosophical Transactions of the Royal Society of London a: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. 358.1775: –pp.2593-2610.
7. Tiede, K., Boxall, A.B.A., Tear, S.P., Lewis, J., David, H., Hasselov, M. (2008). Detection and Characterization of Engineered Nanoparticles in Food and the Environment. *Food Additives And Contaminants*. 25(7), –pp.795-821.
8. Palchoudhury, S., Baalousha, M., Lead, J. (2015). Methods for Measuring Concentration (Mass, Surface Area And Number) of Nanoparticles. DOI: 10.1016/B978-0-08-099948- 7.00005-1.
9. Farre, M., Gajda-Schranz, K., Kantiani, L., Barceló, D. (2009). Ecotoxicity and Analysis of Nanomaterials in the Aquatic Environment. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 393.1: – pp.81-95.
10. Mavrocordatos, D., Pronk, W., Boller, M. (2004). Analysis of Environmental Particles by Atomic Force Microscopy, Scanning and Transmission Electron Microscopy. *Water Science and Technology*. 50.12: –pp.9-18.
11. Mehmet Ateş. Nanoparçacıkların Ölçme ve İnceleme Teknikleri/ Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi/Turkish Journal of Scientific Reviews, E-ISSN: 2146-0132, 11 (1): 2018. –pp.63-69.
12. Balnois, E., Papastavrou, G., Wilkinson, K.J. (2007). Force Microscopy and Force Measurements of Environmental Colloids. in: Wilkinson KJ, Lead JR (Eds) *Environmental Colloids and Particles: Behaviour, Structure and Characterization*. IUPAC Series on Analytical and Physical Chemistry of Environmental Systems. John Wiley and Sons, Chichester. –pp. 405– 468.
13. Sugimoto, Y., Pou, P., Abe, M., Jelinek, P., Perez, R., Morita, S. (2007). Chemical Identification Of Individual Surface Atoms By Atomic Force Microscopy. *Nature*. 446.7131: – pp.64- 67.

14. Trevethan, T., Shluger. A.L. (2007). Building Blocks For Molecular Devices: Organic Molecules on the MgO (001) Surface the Journal of Physical Chemistry C 111.42: 15375-15381.
15. <http://merlab.metu.edu.tr/> Erişim tarihi Mayıs 2018 .
16. Hall JB, Dobrovolskaia MA, Patri AK, McNeil SE. (2007). Characterization of nanoparticles for therapeutics. Nanomedicine; 2: –pp.789–803.
17. Williams DB, Carter CB. (2009). Transmission Electron Microscopy: A Textbook for Materials Science, Second Edition. Springer; Sh; –pp.3–22.
18. <http://mlab.bayburt.edu.tr/en/Sayfa/Cihazlar>, Erişim tarihi Mayıs 2018.
19. Suzuki E. (2002). High-resolution scanning electron microscopy of immunogold-labelled cells by the use of thin plasma coating of osmium. J. Microsc. 208, –pp.153–157
20. Johal MS. (2011). Understanding nanomaterials. Boca Raton: CRC Press. FL.
21. <http://daytam.atauni.edu.tr/cihaz>. Erişim tarihi Mayıs 2018.
22. [https://en.wikipedia.org/wiki/Atomic\\_force\\_microscopy](https://en.wikipedia.org/wiki/Atomic_force_microscopy) , Erişim tarihi Mayıs 2018.

### РЕЗЮМЕ

#### МЕТОДЫ И ПРИЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРУКТУРЫ И РАЗМЕРОВ НАНОЧАСТИЦ

*Рагимли Н.Т., Зейналов Н.А., Мамедова У.А.*

**Ключевые слова:** наночастицы, методы измерения, ТЭМ, СЭМ, АСМ

Нанотехнологии и производство наноматериалов являются одними из развивающихся на сегодняшний день областей исследования. Наноматериалы используются в различных областях таких, как медицина, катализ, электроника, пищевая промышленность и др. Свойства наноматериалов и наноматериалы, не содержащие наночастицы в своем составе существенно отличаются от свойств тел, имеющих одинаковый качественный и количественный состав. Так, как большая часть атомов, из которых состоят наноматериалы, находятся на поверхности. Контроль поверхности этих материалов и их свойств химическими методами является одной из важных тем исследований в области нанохимии. Измерение и визуализация в наномасштабе требуют специальных методов. Поэтому в статье дается краткий обзор основных методов микроскопических измерений и визуализации, разработанных и используемых для наноразмерных измерений.

### SUMMARY

#### METHODS AND TECHNIQUES FOR DETERMINING THE STRUCTURE AND SIZE OF NANOPARTICLES

*Rahimli N.T., Zeynalov N.A., Mammadova U.A.*

**Keywords:** nanoparticles, measurement methods, TEM, SEM, AFM.

Nanotechnology and production of nanomaterials is one of the developing areas of modern research. Nanomaterials have various applications which are used in the field of medicine, catalysis, electronics, food, etc. Nanomaterials and the properties of nanomaterials differ significantly from the properties of materials that don't contain nanomaterials but with the same qualitative and quantitative composition. Thus, most of the atoms that make up nanomaterials are on the surface. Controlling the surfaces of these materials and their surface properties by chemical methods is one of the important research topics of nanochemistry. Measuring and imaging at the nanoscale requires special techniques. Therefore, this article provides a brief overview of the main microscopic measurement and imaging techniques developed and used for nanoscale measurements.

|                   |               |            |
|-------------------|---------------|------------|
| Daxilolma tarixi: | İlkin variant | 12.01.2023 |
|                   | Son variant   | 04.04.2023 |

UOT 544.478.02

DOI 10.54758/16801245\_2023\_23\_3\_47

## ALLİLNAFTOLUN KATALİTİK SİNTEZİ

<sup>1</sup>NƏZƏROVA MÜŞKÜNAZ KİÇMİRZƏ qızı [ORCID](#)<sup>2</sup>FUAD BƏXTİYAR<sup>3</sup>NƏSİROVA İRADƏ MƏMMƏD qızı [ORCID](#)<sup>4</sup>SÜLEYMANOVA PƏRVANƏ VAQİF qızı [ORCID](#)

Sumqayıt Dövlət Universiteti, Azərbaycan, 1-dosent, 2-doktorant, 3,4- baş müəllim  
[parvana.suleymanova80@mail.ru](mailto:parvana.suleymanova80@mail.ru)

*Açar sözlər:* 2-naftol, allilasetat, 2-naftolun allil efiri, 1-allil-2-naftol, sirkə turşusu, NaY seoliti

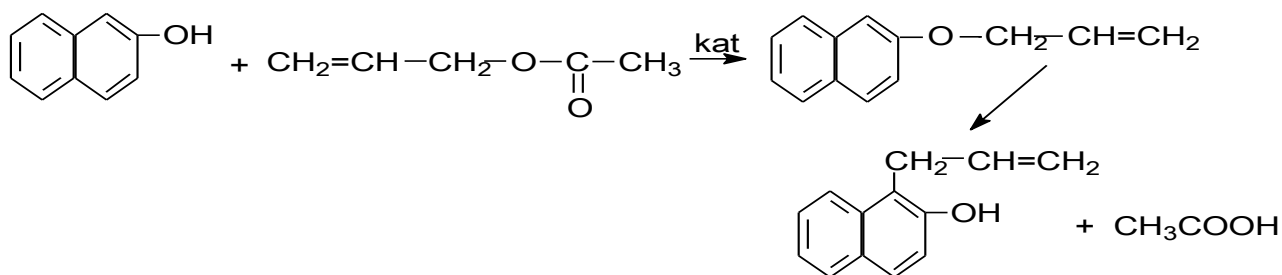
Allilnaftolların əhəmiyyətli nümayəndələrinə 1- və 2-naftolların allil törəmələrini misal göstərmək olar. Onlar bəzi təbii efir yağlarının tərkib hissəsi olub ekstroqen, maciz, kofur yağlarında rast gəlinir (1). Bu birləşmələr əsasında makromolekullu maddələr, qida antioksidantları və geniş istifadə olan qiymətli yarımməhsullar alınır.

Allilnaftolların sintetik üsullarla alınmasına dair elmi məlumatlara praktiki olaraq rast gəlinmir. Lakin onların sintezini allilfenollarda (2) olduğu kimi aparmaq mümkündür. Bunlara propilnaftolların dehidrogenləşməsi, 1- və 2-naftolların allilləşməsi, həmçinin naftollar əsasında alınmış oliqomerlərin pirolizi prosesləri aiddir.

Allilfenolların alınma üsulları içərisində hər birinin özünəməxsus rolu ola bilər. Reaksiya şəraitindən və istifadə olunan katalizatorun xassələrindən asılı olaraq proses müxtəlif texnoloji göstəricilərlə gerçəkləşə bilər. Allilləşmə prosesində allilləşdirici agent kimi allilhallogenidlər, allil spirti və onun mürəkkəb efirləri götürülərək bərk katalizatorlardan istifadə edilir. Digər üsullar içərisində propilnaftolların katalitik dehidrogenləşməsi əhəmiyyət kəsb edir və effektiv aşağı temperaturlu katalitik sistemlərin istifadə olunması tələb olunur. Hər bir üsulun üstün və nöqsanlı tərəfləri olsa da onların daha geniş miqyasda tədqiqi və təkmilləşdirilməsinə ehtiyac duyulur.

Allilləşmə üsulu ilə allilfenolun sintezi məqsədi ilə 2-naftoldan və allilasetatdan istifadə edilmişdir. 2-naftolun artıqlaması ilə götürülmüş allilasetatla qarışığını 70-85°C temperaturda qarşılıqlı təsirə məruz etmiş və reaksiyanı 4-8 saat ərzində həyata keçirmişik. Başlangıç qarışıqda 2-naftolun allilasetata olan mol nisbəti 1:5 götürülmüş və katalizatorun miqdarı 0.1 mol olmuşdur. Prosesin katalitik sistemi kimi modifikasiya olunmuş dəmir sulfat götürülmüş və təcrübənin sonunda bərk halda olan reaksiya iştirakçısı kimi tərkibi dəyişmədən sistemdən çıxarılmışdır. Alınan məhsulların analizi qaz-maye xromatoqrafiya üsulu ilə aparılmışdır. Analiz zamanı kalonda götürülən bərk daşıyıcıların kimyəvi, katalitik və adsorpsiya aktivliklərinin reaksiya məhsullarının kəmiyyət və keyfiyyət göstəricilərinə mənfi təsirini əvvəlcədən bilərək alkilatın analizi üçün inert daşıyıcılara, o cümlədən xromosorb-W, xromoton-H və tselit 545-ə üstünlük verilmişdir. Belə ki, naftalin, onun alkil homoloqlarının və oksihidronaftalinlərin analizi xromosorb-W üzərinə 10.0% kütlə benton 245 və 10.0% kütlə Apiezon M yarıbayarı ardıcıl yerləşdirilmiş fazalı kalonda aşağıdakı şəraitdə aparılmışdır: kalonun temperaturu 180°C, qazdaşıyıcı olan heliumun sərfi 80 ml/dəq olmuşdur. Analizdə nisbi xəta 3.0%-dir.

Reaksiyada alınan əsas məhsullar 2-naftolun allil efiri, 1-allil-2-naftol və sirkə turşusudur. Katalitik prosesdə baş verən əsas çevrilmələr aşağıdakı kimidir.



Reaksiyanın gedişində reaksiya vaxtı və temperatur təsir göstərir. Temperaturun 70°C-dən 85°C-yə qaldırılması 4 saat ərzində aparılmış reaksiyadan alınan 2-naftolun allil efirinin çevrilmiş 2-naftola görə çıxımını 80.0%-dən 65.0%-ə qədər azaldır. Bu zaman 2-naftolun birdəfəlik konversiyası 12.0% artaraq 34.0% təşkil edir. Deməli reaksiyanın temperaturunun artırılması 2-naftolun oksigenə görə allilləşməsinə azaltmaqla yanaşı alınan efirin molekul daxili çevrilməsinə çoxaldır. Temperaturun sonrakı artımı maye-bərk katalitik sistemdə baş verən Klayzen yenidən qruplaşmasının sürətinə az təsir göstərir. Ona görə də bu reaksiyanın qaz-bərk katalitik sistemində həyata keçirilməsi qarşıya məqsəd kimi qoyulmuş və növbəti tədqiqatlar bu istiqamətdə davam etdirilmişdir. Digər tərəfdən qeyd etmək lazımdır ki, prosesdə əmələ gələn sirkə turşusu onun göstəricilərinə mənfi təsir göstərmir.

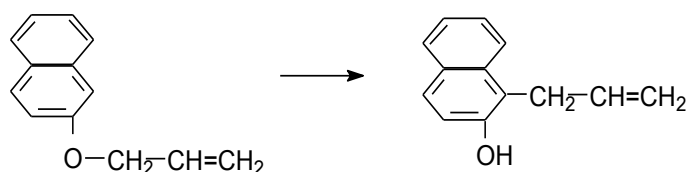
**Cədvəl .**

*2-naftolun allil efirinin çevrilməsinin nəticələri.*

| Göstəricilər                                                                        | Mühitin növü   |               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------|
|                                                                                     | Katalizatorsuz | Katalizatorlu |
| 2-naftolun allil efirinin konversiyası, %                                           | 34.5           | 59.5          |
| Alınmış maddələrin çevrilmiş 2-naftolun allil efirinə görə hesablanmış çıxımları, % |                |               |
| 1-allil-2-naftol                                                                    | 80.0           | 89.5          |
| 1-allil-2-naftolun dimeri                                                           | 3.5            | 5.0           |
| 2-naftol                                                                            | 8.5            | -             |
| İdentifikasiya olunmamış maddələr                                                   | 3.5            | 1.5           |

2-naftolun allil efirinin katalitik çevrilməsi 300°C temperaturda NaX katalizatoru iştirakı ilə həmçinin qeyri-katalitik şəraitdə tədqiq edilmişdir. Başlanğıc qarışıqda efirin benzola olan mol nisbəti 1:10 götürülmüş və verilən xammalın həcmi sürəti 1.5 st<sup>-1</sup> olmuşdur. Alınan nəticələr cədvəldə verilmişdir.

Alınan nəticələrin təhlilindən görünür ki, hər iki halda 2-naftolun allil efirinin çevrilməsindən eyni məhsullar əmələ gəlir, lakin onların kəmiyyətcə qiymətləri xeyli fərqlidir. Çevrilmə zamanı əmələ gələn məhsullara 1-allil-2-naftol, 1-allil-2-naftolun dimeri, 2-naftol və identifikasiya olunmamış birləşmələr aiddir. Əsas texnoloji göstəriciləri analiz etdikdə NaX iştirakı ilə 2-naftolun allil efirinin konversiyasının katalizatorsuz mühitlə müqayisədə 25.0% çox olduğu, katalizatorsuz mühitdə alınan 1-allil-2-naftolun selektivliyinin katalizator olan halda onun əmələ gəlmə selektivliyindən 9.5% az olması üzə çıxır. Prosesdə baş verən əsas çevrilmə aşağıdakı tənliyə əsaslanır.



1-allil-2-naftolun dimerləşməsi hər iki halda baş verir və katalizator iştirakında onun əmələgəlmə payı bir qədər çoxdur. Katalizatorun iştirakı olmayan təcrübədə əmələ gələn katalizatda

deallışmə reaksiyası kifayət qədər gedir və alınan 2-naftola görə selektivlik 85% olur. NaX iştirakı ilə 2-naftolun allil efirinin deallilləşməsi praktiki olaraq baş vermir. Ona görə də katalitik prosesdə allilləşmə praktiki olaraq baş vermir. Ona görə də katalitik prosesdə əmələ gələn qaz halında olan məhsullarda propilenin izinə rast gəlinmir, katalizatorsuz mühitdə isə onun xeyli miqdarda alındığının şahidi olur.

Beləliklə aparılmış təcrübələr nəticəsində 2-naftolun allil efirinin maye fazada 2-naftol və allilasetat əsasında selektiv sintezinin şəraiti müəyyən edilmiş və alınan efirin NaX iştirakında izomerləşməsi ilə 1-allil-2-naftolun 89.5% selektivlikdə alınması mümkün olmuşdur.

## ƏDƏBİYYAT

1. Негаев, А.П. Пищевые добавки, витамины, ферменты / А.П.Негаев, В.М.Болотов – Минск, Общетеchnическая литература, 2014, 765 с.
2. Азимова Г.З. Алкилирование фенола и нафтола аллилацетатом в присутствии малых количеств водного хлорида железа(III) / Г.З.Азимова, Х.С.Тажимухаммедов, М.Р.Юлдашев – Органическая химия, –2019, 55 (1), –с. 37-40
3. Süleymanova, P.V. 1-naftolun etanolla alkilləşmə reaksiyasının kinetik tədqiqatları / P.V.Süleymanova // Elmi xəbərlər. Təbiət və Texniki Elmlər Bölməsi. – 2020. – Vol. 20, No. 2. – P. 48-51. – EDN BIUQEP. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43176379>

## РЕЗЮМЕ

### КАТАЛИТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ АЛЛИЛНАФТОЛА

*Назарова М.К., Фуад Б., Насирова И.М., Сулейманова П.В.*

**Ключевые слова:** 2-нафтол, аллилацетат, аллиловый эфир 2-нафтола, 1-аллил-2-нафтол, уксусная кислота, цеолит NaY

Приводятся результаты исследования реакции аллилирования 2-нафтола аллилацетатом с образованием аллилового эфира 2-нафтола и его превращения в присутствии и в отсутствие катализатора. В присутствии NaX конверсия аллилового эфира 2-нафтола на 25,0% выше, чем в среде без катализатора, а селективность получения 1-аллил-2-нафтола, полученного в среде без катализатора, на 9,5% меньше селективности его образования в присутствии катализатора. Показан возможный каталитический синтез 1-аллил-2-нафтола реакцией изомеризации аллилового эфира 2-нафтола в присутствии NaX селективностью образования 89,5%.

## SUMMARY

### CATALYTIC SYNTHESIS OF ALLYLNAPHTHOL

*Nazarova M.K., Fuad B., Nasirova İ.M., Suleymanova P.V.*

**Keywords:** 2-naphthol, allyl acetate, 2-naphthol allyl ester, 1-allyl-2-naphthol, acetic acid, NaY zeolite

The results of the study of the reaction of allylation of 2-naphthol with allyl acetate with the formation of 2-naphthol allyl ester and its transformation in the presence and in the absence of a catalyst are presented. In the presence of NaX, the conversion of allyl ether of 2-naphthol is 25.0% higher than in the environment without catalyst, and the selectivity of 1-allyl-2-naphthol obtained in the environment without catalyst is 9.5% less than the selectivity of its formation in the presence of a catalyst. A possible catalytic synthesis of 1-allyl-2-naphthol by the reaction of isomerization of 2-naphthol allyl ether in the presence of NaX with a formation selectivity of 89.5% is shown.

|                   |               |            |
|-------------------|---------------|------------|
| Daxilolma tarixi: | İlkin variant | 17.04.2023 |
|                   | Son variant   | 15.06.2023 |

UOT 502.421

DOI 10.54758/16801245\_2023\_23\_3\_50

## HİDROTERMİK ŞƏRAİTİN HUMUSUN ƏMƏLƏ GƏLMƏSİ PROSESİNƏ TƏSİRİ

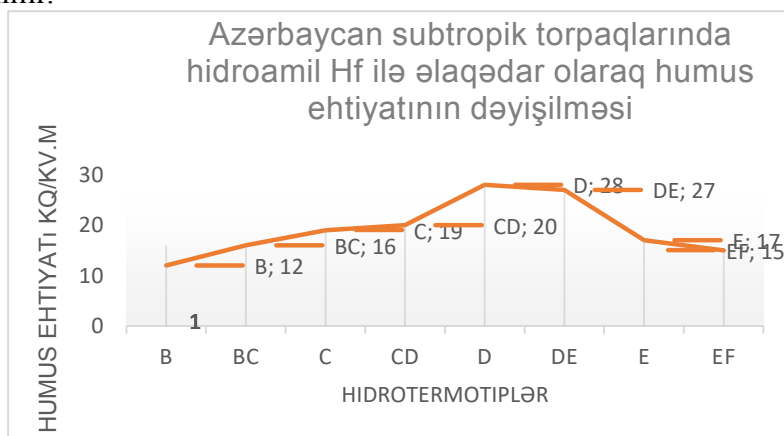
<sup>1</sup>ƏHMƏDOVA RƏHİLƏ RZA qızı [ORCID](#)<sup>2</sup>ƏLİYEVƏ AZADƏ ŞÜKÜR qızı [ORCID](#)<sup>3</sup>BABAYEVA TÜNZALƏ MƏMMƏD qızı [ORCID](#)

Sumqayıt Dövlət Universiteti, Azərbaycan, 1- dosent, 2,3- baş müəllim

[azade.efendi@mail.ru](mailto:azade.efendi@mail.ru)*Açar sözlər:* humus, torpaq, hidrotermik şərait, subtropik torpaqlar, illik və orta temperatur.

Torpaqda baş verən bütün bioloji və biokimyəvi proseslər, eləcə də bütün kimyəvi qarşılıqlı təsirlərin sürəti temperatur və torpağın rütubət şəraiti ilə sıx bağlıdır. Humusun əmələ gəlməsinin xarakteri və sürəti müxtəlif təbii şəraitdə eyni deyil və torpaq əmələ gəlməsinin bir sıra qarşılıqlı əlaqəli amillərindən asılıdır. Bunlardan ən mühümləri torpağın su-hava və istilik rejimləri, bitki qalıqlarının tərkibi və torpağa daxil olma xarakteri, mikroorqanizmlərin növ tərkibi və həyat fəaliyyətinin intensivliyi, torpağın mexaniki tərkibi və fiziki-kimyəvi xassələridir.

Torpağın ekoloji funksiyalarını və xassələrini müəyyən edən ayrılmaz tərkib hissə humus maddələr sistemidir [1, 4]. Mürəkkəb biokimyəvi, fiziki-kimyəvi və kimyəvi proseslər nəticəsində üzvi qalıqlar humus maddələrə çevrilir. Humus turşular bitki qalıqlarının kül elementləri və torpağın mineral hissəsi ilə qarşılıqlı əlaqədə orqanomineral birləşmələr əmələ gətirir (şəkil). Humusun əmələ gəlməsi üçün ilkin şərt bitki kütləsinin və ölü heyvan maddələrinin əvvəlcə əsasən onurğalılar, sonra isə onurğasızlar tərəfindən (həmişə göbələklərin və bakteriyaların iştirakı ilə) məhv edilməsi və üyüdülməsidir. Eyni zamanda orqanogen elementlərin enerjisi və bir hissəsi kiçik bioloji dövrdə saxlanılır.



Şəkil.

Torpağın humusu həm də bir sıra biosfer funksiyalarını yerinə yetirir: o, karbon və kül elementlərinin anbarıdır; günəş enerjisinin əhəmiyyətli biokimyəvi ehtiyatlarını toplayır; torpaqların spektral əksətmə qabiliyyətini müəyyən edir və bununla da iqlim proseslərini tənzimləyir; pedobiontlar üçün yaşayış mühiti yaradaraq biomüxtəlifliyin saxlanmasında əhəmiyyətli rol oynayır [1,3,4]. Humusun ən çox hissəsi mikroorqanizmlərin orta miqdarda olduğu torpaqlarda toplanır. Humifikasiya (nəmlənmə) prosesinin normal gedişi yalnız ümumi nəm tutumunun 60% - ə bərabər olan optimal torpaq nəmliyi ilə mümkündür. Həddindən artıq rütubətlə (suya davamlı şərtlər) üzvi

maddələr humus və ya torf üfüqləri şəklində parçalanmanın müxtəlif mərhələlərində saxlanılır. Humusun formalaşması dövrü üçün ən optimal şərtlər nəm dövrlərin quru dövrlərlə dəyişməsidir. Yağışlı illərdə parçalanma və humifikasiya proseslərinin intensivliyi artır, quru illərdə isə humifikasiya məhsulları torpağın bərk fazası ilə sabitlənir. Temperatur rejiminə gəldikdə, qeyd etmək lazımdır ki, aşağı temperaturlar parçalanma və humifikasiya proseslərinin intensivliyini məhdudlaşdırır, yüksək temperatur isə minerallaşma proseslərinin intensiv inkişafına səbəb olur. Ən optimal temperatur 25-30°C-dir.

Temperatur və rütubət şəraiti bioloji, biokimyəvi proseslərin intensivliyini və istiqamətini və kimyəvi qarşılıqlı təsirlərin sürətini müəyyən edir. Humifikasiya həm həddindən artıq rütubət, həm də həddindən az rütubət saxlayır.

Bu cür tədqiqatlar antropogen amillərin təsiri altında torpağın artandehumifikasiyası şəraitində xüsusi əhəmiyyət kəsb edir ki, bunların arasında ən əhəmiyyətli torpaqların mexaniki emalı ilə bağlı kənd təsərrüfatında istifadəsidir [2,6]. Aqrogen transformasiyaya uğramış ekosistemlərin təbii biogeosenozlarında humus maddələr sisteminin və humusun qiymətinin ekoloji amillərinin ətraflı öyrənilməsi torpaqların humus vəziyyətinin bərpası və yaxşılaşdırılması üçün nəzəri əsasların və praktiki tövsiyələrin işlənilib hazırlanması üçün xüsusilə aktualdır [3,5].

Torpaqda humusun toplanması mikroorqanizmlərin bioloji fəaliyyəti ilə təyin edilir ki, bu fəaliyyət müxtəlif iqlim şəraitində xüsusi şəkildə gedir. Azərbaycanda torpaq çox müxtəlif iqlim şəraitində əmələ gəlir. Respublikanın torpaq xarakteristikasının orta illik temperatur və yağmurların illik miqdarı ilə müqayisə etdikdə müəyyən olunur ki, hər torpaq tipi müəyyən iqlim şəraiti ilə düzülür. Bu zaman illik temperatur azaldıqca və atmosfer yağmurları artdıqca çimli torpaqların ardıcıl sırası (boz torpaqlar, şabalıdı torpaqlar, qaratorpaqlar və dağ çəmən torpaqları) formalaşır. Aparılmış tədqiqatlar göstərmişdir ki, çimləmə prosesi güclü gedən dağ-qəhvəyi torpaqları çimli torpaqlarla bir sıraya düşür. Meşə tipli torpaqlar (qonur meşə və sarı torpaqlar) nisbətən rütubətli iqlimdə əmələ gəlir.

Humus əmələ gəlməsi şəraiti iqlimin su-istilik elementlərinin kombinasiyası ilə tənzimlənir. Belə ki, rütubətlənmə əmsalı artdıqca ardıcıl olaraq torpaqlarda humus ehtiyatı çoxalır, lakin həddindən artıq rütubət onun miqdarını bir qədər azaldır.

Rütubətlənmə əmsalı kiçik olanda torpaqlar qanunauyğun ardıcılıqla yerləşir (boz, şabalıdı, dağ-qara və dağ-çəmən torpaqları), lakin sonra rütubət artanda humus qiymətlərinin nöqtələrində qarışıqlıq və müxtəliflik müqayisə olunur.

İqlim ilə əlaqədar olaraq humus ehtiyatının dəyişilməsinin qanunauyğunluqlarını tədqiq edilməsi üçün biz V.R.Volobuyevin (1953) hidrotermik sistemindən  $H_f$  indeksi ilə birlikdə istifadə etmişik. Bu indeks yağımur ( $P$ ) ilə orta illik temperatur ( $t$ ) müxtəlif nisbətdə olanda rütubətlənmənin dəyişilməsini xarakterizə edir. Hesablanmış indeksin torpaqdakı humus ehtiyatı ilə tutuşdurulması humus miqdarı ilə  $H_f$  kəmiyyəti arasında aydın korrelyativ əlaqə olduğunu göstərdi. Qrafikdə B-çox quru; BC-quru; C-orta dərəcədə quru; CD-az quru; D-müntəzəm rütubətli; DE-orta dərəcədə rütubətli; E və EF-rütubətli şəklində dəyişir. Azərbaycanın cənub hissəsində orta illik temperatur tamamilə bərabər (14°C) olan, yəni subtropik iqlimə uyğun gələn yağmurların miqdarı ilə çox geniş dairədə (150-dən 1400 m-ə dək) dəyişilən ərazidə tədqiqat aparmışdır. Bu ərazi geomorfoloji quruluş etibarı ilə də birtiplidir.

Meşə tipli torpaqlar (dağ-meşə qonur, dağ-meşə qəhvəyi, sarı torpaqlar) daha çox rütubətli, çimli qaratorpaqlara nisbətən indeksin qiyməti yüksək olan şəraitdə yerləşmişlər. İndeksin qiyməti ( $H_f$ ) 110-115 olanda meşə torpaqlarında humusun miqdarı ən çox olur, yəni çimli torpaqda olduğu kimidir. Deməli çimli və meşə bitkiləri altında olan torpaqlar  $H_f$ -yeni qiymətində ən çox humus əmələ gətirirlər, lakin humus ehtiyatı çimli torpaqlarda meşə torpaqlarına nisbətən xeyli çox olur. Azərbaycanın subtropik torpaqlarında hidroamil  $H_f$  ilə əlaqədar olaraq yağıntıların illik miqdarı və orta illik temperaturun dəyişilməsi də müşahidə olunmuşdur və cədvəldə verilmişdir.

**Cədvəl.**

*Azərbaycanın subtropik torpaqlarında hidroamil H<sub>f</sub> ilə əlaqədar olaraq yağıntıların illik miqdarı və orta illik temperaturun dəyişməsi cədvəli*

|                               |     |     |     |     |      |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|
| Hidroamil H <sub>f</sub>      | 80  | 90  | 100 | 110 | 120  |
| Yağmurların illik miqdarı, mm | 190 | 210 | 400 | 750 | 1300 |
| Orta illik temperatur, °C     | 2   | 4   | 7   | 11  | 19   |

### ƏDƏBİYYAT

1. Бирюкова, О.Н. Содержание и состав гумуса в основных типах почв России / О.Н. Бирюкова, Д.С. Орлов // Почвоведение. –2004. – №2. – С. 171-188 .
2. Крупеников, И.А. Типизация антропогенных процессов деградации черноземов / И.А. Крупеников // Почвоведение. –2005. – №12. –С.1509-1517.
3. Никитин, Е.Д. Экология почв и учение о почвенных экофункциях / Е.Д. Никитин // Почвоведение. – 2005. – №9. –С. 1044-1053.
4. Орлов, Д.С. Гуминовые вещества в биосфере / Д.С. Орлов // Соросовский образовательный журнал. –1997. – №2. –С. 56-63.
5. Русанов, А.М. Гумусное состояние черноземов Уральского региона как функция периода их биологической активности А.М. Русанов // Почвоведение. –1998. –№3. –С. 302-309 .
6. Щеглов, Д.И. Черноземы Центральных областей России: современное состояние и направление эволюции / Д.И. Щеглов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2003. –№2. –С. 187-195 .

### РЕЗЮМЕ

#### ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ НА ПРОЦЕСС ОБРАЗОВАНИЯ ГУМУСА

*Ахмедова Р.Р., Алиева А.Ш., Бабаева Т.М.*

**Ключевые слова:** гумус, почва, гидротермические условия, субтропические почвы, годовая и средняя температура.

Все биологические и биохимические процессы, происходящие в почве, а также скорость всех химических взаимодействий тесно связаны с температурным и влажностным режимом почвы. Характер и скорость образования гумуса неодинаковы в разных природных условиях и зависят от ряда взаимосвязанных факторов почвообразования. Важнейшими из них являются водно-воздушный и температурный режимы почвы, состав растительных остатков и характер поступления в почву, видовой состав микроорганизмов и интенсивность жизнедеятельности, механический состав и физико-химические свойства.

### SUMMARY

#### INFLUENCE OF HYDROTHERMAL CONDITIONS ON THE PROCESS OF HUMUS FORMATION

*Akhmedova R.R., Alieva A.Sh., Babaeva T.M.*

**Key words:** humus, soil, hydrothermal conditions, subtropical soils, annual and average temperature.

All biological and biochemical processes occurring in the soil, as well as the rate of all chemical interactions, are closely related to the temperature and humidity regime of the soil. The nature and rate of humus formation are not the same in different natural conditions and depend on a number of interrelated factors of soil formation. The most important of them are the water-air and temperature regimes of the soil, the composition of plant residues and the nature of entry into the soil, the species composition of microorganisms and the intensity of vital activity, mechanical composition and physicochemical properties.

|                   |               |            |
|-------------------|---------------|------------|
| Daxilolma tarixi: | İlkin variant | 13.07.2023 |
|                   | Son variant   | 07.09.2023 |

## **CƏBRAYIL RAYONUNUN LANDŞAFT PLANLAŞDIRILMASININ GEOLOJİ-GEOMORFOLOJİ AMİLLƏRİ**

<sup>1</sup>MƏRDANOV İLHAM İLDIRIM oğlu [ORCID](#)

<sup>2</sup>AĞAYEV TAHİR DÖVLƏT oğlu [ORCID](#)

<sup>3</sup>ƏHMƏDOVA NƏRMİN MİRZALI qızı [ORCID](#)

*Sumqayıt Dövlət Universiteti, Azərbaycan, 1- c.e.d., professor, 2-y.e.e.d., professor, 3- müəllim*  
[geography.sumqayit@mail.ru](mailto:geography.sumqayit@mail.ru) ; [nermin.ahmedova@bk.ru](mailto:nermin.ahmedova@bk.ru)

*Açar sözlər:* çöküntülər, era, dövr, silsilə, süxur, struktur, tikinti

**Problemin qoyuluşu.** Cəbrayıl rayonu ərazisində landşaft planlaşdırılmasını həyata keçirmək üçün təbii və antropogen amillərin bütöv bir kompleksi nəzərə alınmalıdır. Bu amillərin ən mühümlərindən biri ərazinin geoloji quruluşudur. Ərazinin geoloji quruluşu, geomorfoloji xüsusiyyətləri təsərrüfat məqsədləri ilə mənimsənilmə baxımından böyük rol oynayır və Cəbrayıl rayonunun gələcək inkişaf perspektivlərinin müəyyənəşdirilməsinə təsir göstərir. Bu səbəbdən də, rayon ərazisində daha müfəssəl tədqiqatların aparılmasına ehtiyac vardır.

**Obyekt və metodlar.** Uzun illər ərzində Qafqazın və, o cümlədən, Kiçik Qafqazın geomorfologiyası və geologiyası sahəsində çoxsaylı tədqiqatlar həyata keçirilmiş, mühüm nəticələr əldə edilmiş, ərazidə böyük faydalı qazıntı ehtiyatlarının mövcudluğu müəyyənəşdirilmişdir [1-5]. Nəzərdən keçirilən Cəbrayıl inzibati rayonunun ərazisi Qarabağ silsiləsinin cənub-şərq qurtaracağı ilə Araz çayı arasında yerləşir. Ərazi Kiçik Qafqaz təbii vilayətinin cənub-şərq qurtaracağını və Arazboyu düzənliklərin bir hissəsini əhatə edir. Fiziki-coğrafi baxımdan Cəbrayılın ərazisi Qarabağ dağları və Arazboyu rayonlarının ərazisinə düşür. Düzənlik, dağətəyi və alçaq dağlıq relyef şəraiti rayon ərazisində müxtəlif istehsal sahələrinin yerləşdirilməsinə imkan verir. Lakin bu sahələrin yerləşdirilməsi zamanı ərazinin təbii imkanları, istehsal müəssisələrinin ətraf mühitə verə biləcəyi zərər, torpaq örtüyünün potensialı qiymətləndirilməlidir. Ərazidə tektonik şəraitin qiymətləndirilməsi üçün kosmik şəkillərin emalının böyük əhəmiyyəti vardır.

**Tədqiqatın nəticəsi və müzakirəsi.** Arazboyu maili düzənliklər Araz çayının sol sahili boyunca Kondələnçaydan Bəsitçay dərəsinə qədər 95-100 km məsafədə uzanır. Düzənliyin eni əsasən, 10-15 km-dən artıq deyil. Həkəri çayının sol sahilinin maili düzənliyi ilə Arazboyu düzənliyin qovuşduğu yerdə yerləşən Gəyan düzündə düzənlik 25 km-dək və daha artıq genişlənir. Bu düzənliyin ikinci geniş hissəsi onun Qarabağ düzündən cənubu ilə qovuşduğu sahəyə təsadüf edir və burada düzənliyin eni 20 km təşkil edir. Arazboyu düzənliklərin səthi əsasən, 200-250 m mütləq hündürlüklər arasında yerləşir. Düzənliyin maili səthinin ümumi mənzərəsini Həkəri çayının və Oxçuçayın geniş qutuvəri dərələri, quru dərələr və Araz çayının sahilində ucalan, alçaq dağlıq relyefin bir elementi olan Xələfli dağı (766 m) pozur.

Ərazinin mühüm orografik vahidi olan Qarabağ silsiləsi Tərtər çayının sağ sahilindən cənuba doğru uzanmışdır.

Bu silsilə Murovdağdan Tərtər çayının dar, dərin dərəsi və tektonik mənşəli Böyük Umudlu çökəkliyi ilə ayrılmışdır. Qarabağ silsiləsi cənubda şaxələnməyə məruz qalır. Silsilənin şərq yamacında Xocayurd, Ziyarət, Saxsağan və Çaxmax tirələri, Xocalı çökəkliyi və Şuşa yaylası kimi orografik vahidlər formalaşır.

Kiçik Qafqaz dağlarında yura sisteminə aid olan süxur qatları orta və yüksək dağlıqda geniş yayılmışdır, lakin, bəzən hətta alçaqdağlıq və dağətəyi ərazidə də xeyli sahə tutur. Şahdağ silsiləsinin qərb hissəsi, Murovdağ və Qarabağ silsilələri əsasən, bu dövrdə yaranmış qalın süxur

qatlarından təşkil olunmuşdur.

Kiçik Qafqazda təbaşir sistemi çöküntüləri Şahdağ və Touraqaçay sinklinoriumlarında, Qarabağ qalxmasında, Göyçə-Həkəri zonasında geniş yer tutur. Kiçik Qafqaz meqaantiklinoriumunun Kür çökəkliyi ilə qovuşduğu ərazidə yerləşən alçaq dağlıq ərazilərdə təbaşir yaşlı süxurlar əsas yer mövqeyə malikdir.

Azərbaycanın depressiya vilayətlərində mezozoy çöküntüləri müxtəlif dərinliyə gömülmüşdür. Bəzi sahələrdə mezozoy çöküntülərinin səthi yalnız nazik dördüncü dövr çöküntüləri qatı ilə (məsələn, Kiçik Qafqazətəyi əyilmə zonasında) örtülü olduğu halda, depressiyaların daha çox əyilmiş daxili zonalarında 3-5 km və daha qalın kainazoy çöküntü qatları altında yatır. Kür çökəkliyinin Kiçik Qafqaz dağlarına yaxın hissələrində yura və təbaşir çöküntüləri vulkanogen-çökmə süxur qatlarından, qalan sahələrdə çökmə süxurlardan (gillər, qumlu-gillər, mergellər, karbonatlı süxurlar və s.) qatlarından ibarətdir.

Kiçik Qafqaz dağlarında paleogen çöküntüləri Şahdağ, Qazax, Ağcakənd sinklinoriumlarında, Kəlbəcər muldasında, Arazboyu dağlıq və çökəkliklərdə yayılmışdır. Bu ərazilər və Talış dağlıq vilayəti demək olar ki, tamamilə paleogenin vulkanogen və vulkanogen-çökmə süxurlarından təşkil olunmuşdur.

Kiçik Qafqazda paleogen çöküntüləri, əsasən terrigen, karbonat və vulkanogen fasiyalardan təşkil olunmuşdur. Ərazidə üstünlük təşkil edən paleogen dövrü yaşlı süxurların kəsilişində gillər əsas yer tutur.

Depressiya vilayətlərinin cavan qalxma və qırıqlıq sahələrində neogen çöküntülərinin kəsilişləri kifayət qədər dəqiq öyrənilmişdir. Bu çöküntülərin geniş yayıldığı sahələrə və zonalara Kiçik Qafqazətəyi əyilmə zonası, Naxçıvan çökəkliyi və s. daxildir.

Dördüncü dövr çöküntüləri Kiçik Qafqazətəyi maili düzənliklərdə, xüsusilə bu düzənliklərin söykəndiyi təpəli dağətəyində lössəbənzər gillicələr əvvəllər tam örtük əmələ gətirirdi. Bəzi yamaclarda bu örtüyün yuyulmasına baxmayaraq, dağətəyinin şimal baxarlı yamaclarında bu çöküntülərin qalınlığı 25-30 m-dən artıqdır.

Dağətəyi maili düzənliklərin dördüncü dövr çöküntüləri kəsilişində lössəbənzər gillicələrin payı bəzən 20-30%-ə çatır. Bir qayda olaraq, bütün dağətəyi ərazilərin qədim və və müasir gətirmə konusları sahələrində çaqıl, iri dənəli qumlar əsas yer tutduğu halda, konuslararası sahələrdə qum və gillicələr, çayların akkumulyası fəaliyyəti sahələrindən kənarda isə əsasən, lössəbənzər gillicələr toplanmışdır.

Ərazinin tektonik quruluşunun tədqiqi sahəsində həyata keçirilmiş araşdırmalar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, Cəbrayıl rayonunun böyük hissəsi Kiçik Qafqazətəyi əyilmə zonasına uyğun gəlir [6]. Bu əyilmə zonası bir növ keçid sahəsi formalaşdırır. Əyilmə sahəsi qonşu qalxma və əyilmə sahələrindən qırılma zonaları, cənub-şərq istiqamətində isə dördüncü dövr və mezozoy erası yaşlı çöküntülərin sərhəd xətti boyunca ayrılır. Bu əyilmə sahəsi əsasən, pleystosenin kontinental, qismən də, yuxarı pliosenin dəniz və kontinental çöküntüləri ilə dolmuşdur. Əyilmə sahəsində çökmə süxur qatının qalınlığı təxminən 600-800 m təşkil edir. Bəzi ərazilər çıxmaq şərtilə, dağətəyi ərazilərdə də kainazoy erası yaşlı çökmə süxur qatının qalınlığı bu göstəricilərdən yüksək deyil. Əksər ərazilərdə mezozoy erası yaşlı çöküntülər üzərində kainazoy yaşlı çöküntü qatları yatır. Kiçik Qafqazətəyi əyilmə zonasının cənub sərhəddində Aşağı Araz əyilməsi yerləşir.

Göyçə-Qarabağ tektonik zonası Kiçik Qafqazın böyük tektonik strukturlarından biridir. Somxit-Ağdam antiklinoriumunun qərb hissəsindən Göyçə-Qarabağ zonası Murovdağ üstəgəlməsi və Ağdam antiklinoriumunun cənub-qərb qanadı boyunca keçən qırılma ilə ayrılır. Bu zonanın cənub-qərb sərhəddi Cəbrayıl rayonundan Basarkeçər istiqamətində uzanan Laçın qırılması üzrə keçir. Zonanın quruluşunda orta yuranın çox qalın vulkanogen mənşəli çöküntüləri və yuxarı yuranın tufogen, piroklastik qatları, təbaşirin qalın karbonat-vulkanogen, nəhayət eosenin tufogen-flişoid və piroklastik çöküntülər əsas yer tutur.

Göyçə-Qarabağ tektonik zonasına Xocavənd, Sarıbaba, Touraqaçay sinklinoriumları və Qarabağ antiklinoriumu daxildir.

Hoçaz sinklinoriumu, əsasən, Qarabağ vulkanik yaylasını əhatə edərək, Şərqi Göyçə silsiləsindən Araz çayı sahillərində uzanır.

Sinklinoriumun geoloji quruluşu və strukturu çox mürəkkəbdir. O təbəşir dövrünün karbonat-piroklastik, karbonat-terrigen, çökmə-piroklastik qatlarından, eosenin, oliosenin və miosenin tufogen-terrigen, tufogen-flişoid, pliosen və pleystosenin vulkanogen (liparit-dasit, andezit-bazalt lavaları), piroklastik və çökmə süxur qatlarından (gillər, çaqıl-daşı qatları və s.) təşkil olunmuşdur.

**Yekun.** Hal-hazırda Cəbrayıl rayonu ərazisində fəal surətdə minalardan təmizləmə, yol çəkilişi, tikinti işləri həyata keçirilir. Tikinti-quruculuq işlərinin yerinə yetirilməsi zamanı tarixi və təbiət abidələrinin qorunması böyük əhəmiyyətə malikdir.

Zəngəzur nəqliyyat dəhlizinin üzərində yerləşən və gələcəkdə bərpa olunacaq yaşayış məntəqələri ətrafında ekoloji mühitin ayrı-ayrı komponentlərinin öyrənilməsi bu gün vacib məsələlərdən biri hesab edilir. Sovet dövründə bu sahədə müəyyən tədqiqatlar həyata keçirilmişdir [7]. Bu o səbəbdən əhəmiyyətlidir ki, nəqliyyat magistralı boyunca müvafiq infrastruktur şəbəkəsinin, o cümlədən, ambar komplekslərinin yaradılması zamanı ətraf mühitin üzərinə böyük yük düşə bilər və buna görə də, belə ərazilərdə landşaft planlaşdırılması məsələləri böyük aktuallıq kəsb edir.

Məlumdur ki, tikinti işlərinin yerinə yetirilməsi zamanı tikilən obyektin ərazisindən daha böyük tikinti meydançası salınır və bu dövrdə tikinti şirkətləri ətraf ərazinin ekoloji mühiti haqqında məlumatlandırılmalıdırlar.

Tikinti dövründə toplanmış tullantıların utilizasiyası aktual məsələdir. Tikinti işlərinin genişlənməsi, daha çox işçi qüvvəsinin cəlb olunması zamanı istər istehsal, istərsə də, məişət tullantılarının miqdarının artması qaçılmazdır və buna görə də, yaradılan istehsal-infrastruktur şəbəkəsində bu tullantıların emalı məsələləri də nəzərə alınmalıdır.

Bərpa işlərinin həyata keçirildiyi dövrdə ənənəvi əkinçilik təcrübəsinin nəzərə alınması çox vacibdir. Cəbrayıl rayonu işğal dövrünə qədər ölkənin iri üzümçülük rayonlarından biri olmuş, texniki üzüm sortlarının becərilməsi ilə məşğul olmuşdu. Bu sahənin elmi əsasda bərpasına böyük ehtiyac vardır. Bu zaman dünya ərzaq bazarının tələbatları nəzərə alınmalı, ixrac imkanları və mümkün bazarlar müəyyən edilməli, texniki üzüm sortlarının seçimi həyata keçirilməli, texniki və süfrə üzümü sortları arasında balans təmin edilməlidir.

Torpaqqoruyucu meşə zolaqlarının salınması vacib tədbirlərdən biri kimi qeyd edilə bilər. Bu zaman bitkilərin növ müxtəlifliyinin təmin edilməsi, nadir meşə heyvanlarının populyasiyalarının artırılması mühüm əhəmiyyətə malikdir.

Rayon ərazisinin mülayim-isti, yarımsəhra və quru çöl iqlimi daxilində yerləşməsi əkinçiliyin rayonlaşdırılmasını vacib edir. Eyni zamanda qabaqlayıcı meliorasiya tədbirlərinin, o cümlədən, əkin dövriyyələrinin tətbiqinin əhəmiyyəti böyükdür. Cəbrayılın Zəngəzur dəhlizi üzərində yerləşməsi, onun logistik rolu eyni zamanda rayonun kənd təsərrüfatı məhsulları tədarükçüsü rolunda çıxış etmə imkanlarını üzə çıxarır. Bu imkanlardan istifadə rayona qayıdacaq keçmiş köçkünlərin işlə təmin olunması baxımından əhəmiyyətli hesab oluna bilər. Nəqliyyat imkanlarından istifadə məhsulun xarici bazarlara çatdırılmasının maya dəyərini aşağı salmağa, rəqabət qabiliyyətini təmin etməyə imkan verə bilər.

Rayon ərazisinin böyük hissəsi Arazboyu düzənliyə düşdüyündən relyef tikinti işlərinin həyata keçirilməsi üçün əlverişlidir. Bu baxımdan, nəqliyyat dəhlizində yerləşmə rəqabət qabiliyyətli sənaye məhsullarının dünya bazarına çıxarılması üçün də böyük imkanlar açır. Rəqabət qabiliyyətli məhsulların istehsalı və dünya bazarına çıxarılması üçün marketinq işinin təşkili, xarici investorların cəlb edilməsi böyük əhəmiyyət kəsb edir. Ərazidə tikiləcək sənaye müəssisələri həm müasir tələbatları, həm də gələcək perspektivləri, xüsusilə, müasir texnologiyaların tətbiqi əsasında ixracın stimullaşdırılmasını ehtiva etməlidir.

#### ƏDƏBİYYAT

1. Региональная геоморфология Кавказа. /Под ред. Н.В. Думитрашко. М.: Наука, 1979, 198 с.
2. Геоморфология Азербайджана. /Глав. ред. М.-А. Кашкай. Изд-во АН Азербайджанской ССР. Баку, 1959, 371 с.
3. Горные страны Европейской части СССР и Кавказ. /Под ред. Н.В. Думитрашко. «Наука», М., 1974, 367 с.
4. Геологическое строение Кавказа. Изд-во Моск.Универ., 1963.
5. Алпатьев, А.М. Физическая география СССР (Зоны СССР, европейская часть СССР, Кавказ и Урал) / А.М. Алпатьев, А.М. Архангельский, Н.Я. Подоппелов [и др.] –М.: Высшая школа, –1976. –272 с.
6. Кириллова, И.В. Анализ геотектонического развития и сейсмичности Кавказа / И.В.Кириллова, Е.Н. Люстих, В.А. Растворова [и др.]. –М.: Изд-во АН СССР, –1960. –339 с.
7. Альпы-Кавказ. Современные проблемы конструктивной географии горных стран / –М.: Наука, –1980. –325 с.
8. Mərdanov, İ. İ. Cəbrayıl rayonunun ərazisinin torpaq-bitki örtüyünün əsas xüsusiyyətləri / İ.İ.Mərdanov, T.D. Ağayev, D.Q. Süleymanlı // Elmi xəbərlər. Təbiət və Texniki Elmlər Bölməsi. – 2022. – Vol. 22, No. 3. – P. 49-53. – DOI 10.54758/16801245\_2022\_22\_3\_49. – EDN UVNVOK. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50023137>

#### РЕЗЮМЕ

#### ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ЛАНДШАФТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ДЖАБРАЙЛЬСКОГО РАЙОНА

*Марданов И.И., Агаев Т.Д., Ахмедова Н.М.*

**Ключевые слова:** *отложения, эра, период, хребет, порода, структура, строительство*

Məqalədə hazırda fəal surətdə tikinti-bərpa işlərinin həyata keçirildiyi Cəbrayıl rayonu ərazisinin mənimlənməsi zamanı təbii komplekslərin qorunması vacibliyi qeyd edilmiş, təbii mühitin mühüm komponentləri olan relyef və geoloji quruluşu, ən iri oroqrafik və geomorfoloji vahidlər, süxurların litoloji tərkibi təhlil edilmiş, ayrı-ayrı komponentlərin və amillərin nəzərə alınmasının əhəmiyyəti göstərilmişdir.

#### SUMMARY

#### GEOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL FACTORS OF LANDSCAPE PLANNING OF JABRAYIL DISTRICT

*Mardanov I.I., Agayev T.D., Ahmadova N.M.*

**Key words:** *sediments, era, period, range, rock, structure, construction*

In this article, the importance of protecting natural complexes during the appropriation of the territory of Jabrayil district, where construction and restoration works are currently being actively carried out, was noted, the relief and geological structure, which are important components of the natural environment, the largest orographic and geomorphological units, the lithological composition of the rocks were analyzed, the importance of considering individual components and factors is shown.

|                   |               |            |
|-------------------|---------------|------------|
| Daxilolma tarixi: | İlkin variant | 05.01.2023 |
|                   | Son variant   | 11.04.2023 |

UOT (551.58+551.501):551.4

DOI 10.54758/16801245\_2023\_23\_3\_57

## QUBA –XAÇMAZ İQTİSADI RAYONUNUN FİZİKİ-İQTİSADI VƏ COĞRAFİ XÜSUSİYYƏTLƏRİNİN TƏDQIQI

<sup>1</sup>**RAMAZANOV RÖVŞƏN HƏSƏN oğlu**

<sup>2</sup>**BAYRAMOVA ESMİRA ABDULLA qızı**

*Milli Aerokosmik Agentliyi, Elmi Tədqiqat Aerokosmik İnformatika İnstitutu, Bakı, Azərbaycan, 1-c.ü.f.d.*

*Milli Aerokosmik Agentliyi, Kosmik Cihazqayırma Məxsusi Konstruktor Bürosu, Bakı, Azərbaycan,*

*2- doktorant*

[neizvestniy\\_angel89@mail.ru](mailto:neizvestniy_angel89@mail.ru)

*Açar sözlər:* Quba- Xaçmaz, iqlim, relyef, geoloji quruluş, meşə

Quba-Xaçmaz iqtisadi rayonu Azərbaycanın şimal-şərq regionunda yerləşir və ərazisi bir-birindən fərqlənən müxtəlif hündürlük zonalarına - düzənliklər, dağətəyi, orta dağlıq və yüksək dağlıq ayrılmaqla, Xəzər sahillərində -27 m-dən Bazardüzü dağında 4466 m-ə qədər davam edir. Ümumilikdə, düzənlik zonaya isti iqlim, dağlıq zonaya isə soyuq-rütubətli və soyuq iqlim şəraiti xarakterikdir. İqtisadi rayonun tərkibinə Quba, Qusar, Xaçmaz, Şabran və Siyəzən rayonları daxildir və ümumi sahəsi 7,3 min km<sup>2</sup>, əhalisi isə 561,8 min nəfər təşkil edir, bu isə demək olar ki, ölkə əhalisinin 5,5% -dir, onun da böyük hissəsi (68 %) şəhərlərdə yaşayır [7].

Tədqiqat zonasına daxil olan rayonların bəzi göstəricilərinin sistemli təqdimatı cədvəldə verilmişdir (cədvəl 1 və 2).

**Cədvəl 1.**

*Quba-Xaçmaz iqtisadi zonasına daxil olan rayonların relyefə görə sistemli təqdimatı*

| Rayonlar | Hündürlük<br>(min/max, m) | Relyef                                            |
|----------|---------------------------|---------------------------------------------------|
| Qusar    | 690-4466                  | ovalıq, dağətəyi və dağlıq                        |
| Quba     | 100-4191                  | dağətəyi maili düzənliklər, orta və yüksək dağlıq |
| Şabran   | -28-2220                  | düzənlik-dağətəyi və dağlıq                       |
| Siyəzən  | -28-1232                  | alçaq dağlıq, düzənlik                            |
| Xaçmaz   | 200-220                   | ovalıq və düzənlik                                |

**Cədvəl 2.**

*Quba-Xaçmaz iqtisadi zonasına daxil olan rayonların sahəsinə görə sistemli təqdimatı*

| № | Rayonlar | Sahəsi (min kv. km) |
|---|----------|---------------------|
| 1 | Quba     | 2,61                |
| 2 | Qusar    | 1,54                |
| 3 | Xaçmaz   | 1,06                |
| 4 | Şabran   | 1,09                |
| 5 | Siyəzən  | 0,70                |

Tədqiqat zonasında təbii ehtiyatların rəngarəng və olduqca zəngin olması iqtisadi inkişaf üçün geniş imkanlar yaratmışdır. Bu baxımdan, əhalinin məskunlaşmasında bölgənin sənayesi, nəqliyyatı, kənd təsərrüfatı əsas rol oynayır. Digər tərəfdən, regionun relyefi də torpaq, bitki örtüyü, iqlim üçün mühüm rol oynayır.

Bəşəriyyətin energetika və texnika ilə təminatının aşağı olduğu vaxtlarda insanların ətraf mühitə təsiri olduqca zəif olmuşdur. XXI əsrin isə ən böyük ekoloji problemləri su, torpaq, atmosfer



**Cədvəl 3.**

*Quba rayonu üçün hipsometrik göstəricilər*

| Sıra<br>Nömrəsi | Hündürlük m-lə |         | Sahəsi          |      |
|-----------------|----------------|---------|-----------------|------|
|                 | min            | max     | km <sup>2</sup> | %    |
| 1               | 200            | 500     | 371             | 14,2 |
| 2               | 500            | 1000    | 556,5           | 21,3 |
| 3               | 1000           | 1500    | 540             | 20,5 |
| 4               | 1500           | 2000    | 460             | 17,6 |
| 5               | 2000           | 2500    | 340             | 13   |
| 6               | 2500           | 4178, 2 | 350             | 13,4 |
| Cəmi            |                |         | 2617,5          | 100% |

Quba rayonunun torpaq örtüyü, əsasən, qəhvəyi, tipik və karbonatlı dağ-meşə, çimli dağ-çəmən torpaqları ilə xarakterikdir. Çəmən-qəhvəyi, şabalıdı torpaqlar alçaq dağlıqda, maili düzənlik və dağətəyi zonalarda yayılmışdır ki, burada da dənli bitkilər, meyvə-tərəvəz əkinləri geniş yayılmışdır. Yay otlaqları istifadə olunan alp və subalp çəmənlikləri dağlıq sahələrdə geniş yer tutur [2,9].

Çəmən, kolluqlar düzən və dağətəyi ərazilərdə geniş yayılmışdır.

Su ehtiyatına görə Quba rayonu çay şəbəkəsinin sıx olması ilə əlaqədar suya olan tələbatı tam ödəyir [8]. Rayonun Xəzər dənizi hövzəsiə aid olan çayları Ağçay (1780 m), Caqacuq çay (2254 m), Qaraçay (2900 m), Qudyalçay (3000 m) çaylarının mənbələri müxtəlif yüksəkliklərdə yerləşir [8]. Quba rayonu, həmçinin bulaqlarla zəngindir və su sərfələri ilə fərqlənir (cədvəl 4) [1].

**Cədvəl 4.**

*Su sərfinə görə Quba rayonunda bulaqların sayı*

| Su sərfi (l/s) | Bulaqların sayı |
|----------------|-----------------|
| >1             | 144 ədəd        |
| 1-2            | 65 ədəd         |
| 2-4            | 81 ədəd         |
| 4-6            | 39 ədəd         |
| 6<             | 4 ədəd          |

Qubada qışda temperaturun -20°C, yayda 35°C olduğunu nəzərə alsaq, rayonun iqlimini sərt-mülayim hesab etmək olar [12].

Tədqiqat zonasının sahəsinə görə (1542 km<sup>2</sup>) ikinci rayonu Böyük Qafqazın şimal-şərq yamacında yerləşən **Qusar** rayonudur [4]. Rayonun ümumi sərhədlərinin uzunluğu 255 km-dir və daxilinə 1 şəhər (Qusar), 1 qəsəbə (Samux), 88 kənd daxildir. Qusar rayonu şimal-qərbdən 95 km Rusiya Federasiyası ilə, şimal-şərqdən 65 km Xaçmaz rayonu ilə, cənub-şərqdən 70 km Quba rayonu, cənub-qərbdən isə 25 km Qəbələ rayonu ilə həmsərhəddir.

Respublikanın ən hündür nöqtəsi Bazardüzü (4466 m), Şahdağ (4242 m), həmçinin Şahnabad yaylağı Qusar rayonunda yerləşir. Ovalıq, dağətəyi, dağlıq relyefə malik olan rayonun cənub-qərbi dağlıq hissəsi Baş Qafqaz silsiləsinin şimal-şərq yamacı, Yan silsilə, mərkəzi hissəsi maili-düzənlik, yəni, Qusar maili düzənliyi, şimal-şərq kənarı isə Samur-Dəvəçi ovalığından ibarətdir [4].

Geoloji quruluşuna nəzər salsaq, rayonun ərazisində antropogen, neogen, yura və tabaşir çöküntüləri yayılmışdır [3].

Bu rayonun ən ucqar kəndi 2400 m yüksəklikdə yerləşən Əlix kəndidir. Qusarın mərkəzi isə dəniz səviyyəsindən 690-730 m hündürlükdədir [3].

Rayon ərazisində dağ-meşə, dağ-çəmən, boz qonur, şabalıdı torpaq örtüyü formalaşmışdır [7]. Rayonun əsas torpaq tədqiqatı H.Ə.Əliyev, S.B.Fərəcova, Y.A.Salamov tərəfindən aparılmışdır və torpaqlar aşağıdakı tip və yarımtiplərə ayrılaraq geniş təhlil edilmişdir:

İbtidai dağ-çəmən, çimli dağ-çəmən, bozqır dağ-çəmən; qonur dağ-meşə; çəmənləşmiş qonur dağ-meşə; açıq qonur dağ-meşə; tipik qonur dağ-meşə; tünd qonur dağ-meşə; bozqırlaşmış qonur dağ-meşə; qəhvəyi dağ-meşə, bozqırlaşmış dağ qəhvəyi; dağ boz-qəhvəyi; tünd şabalıdı, şabalıdı, açıq şabalıdı; qəhvəyi çəmən-meşə; allüvial çəmən [4].

Rayonda zəngin heyvanat aləmi və 200-dən artıq bitki növü mövcuddur. Məli düzənliklərdə enliyarpaqlı meşələr, dağlıq sahələrdə isə alp və subalp çəmənlikləri yayılmışdır, 22500 hektarlıq meşə sahəsində palıd, fıstıq, vələs ağacları əsas üstünlük təşkil edir. Bundan başqa, çəmən və kolluqlar da geniş sahəyə malikdir [7, s.12].

Hidroqrafiya baxımından, rayonun ərazisi Samur, Qusar çayları hövzələrinə aiddir və mənbələri müxtəlif yüksəkliklərdən başlayır (Qusarçay-Bazardüzü, 3780 m; Samur çay- Qarax Rusiya, 2880 m). Eroziya prosesinin baş verməsində, torpaqların deqredasiyaya uğramasında sıx çay şəbəkəsi əmələ gətirən həmin çaylar əsas rola malikdir. Belə ki, bu çaylar vasitəsilə gələn güclü sellər rayonun kənd təsərrüfatına böyük zərər vurur [7, s.8].

Qusar rayonunda 4 iqlim tipi hakimdir ki, düzənlik və dağətəyi hissədə mülayim isti, yüksək dağlıqda soyuq, rütubətli iqlim mövcuddur. Düzənlikdə qışda (yanvar) orta temperatur  $1^{\circ}\text{C}$ , yüksək dağlıqda  $-14^{\circ}\text{C}$ , yayda isə (iyul) uyğun olaraq,  $24$  və  $2^{\circ}\text{C}$  təşkil edir. Yağıntının illik miqdarı 350-1500 mm təşkil edir.

İqtisadi zonanın digər bölgəsi olan **Xaçmaz** rayonu Qafqaz dağları ilə Xəzər dənizi arasında yerləşir, ərazisi  $1063\text{ km}^2$ -dir və ərazidə 2 şəhər (Xaçmaz, Xudat), 12 qəsəbə, 137 kənd vardır [3,13]. Həmçinin Samur-Dəvəçi ovalığının bir hissəsi də rayon ərazisinə daxildir, dəniz səviyyəsindən müsbət hündürlük 200 m-ə qədərdir.

Rayon şimal tərəfdən Rusiya Federasiyası (14 km), qərbdən Qusar, Quba rayonları, cənubdan Şabran rayonu, şərq tərəfdən isə Xəzər dənizi ilə həmsərhəddir. Başqa sözlə qeyd etsək, Xaçmaz rayonu Böyük Qafqaz ilə Xəzər dənizi arasında yerləşir.

Xaçmaz rayonunun geoloji quruluşuna əsasən IV dövrün antropogen çöküntüləri təşkil edir [3].

Rayon ərazisində şabalıdı, açıq şabalıdı, və çəmən-meşə torpaqları üstünlük təşkil edir [11].

Ümumiyyətlə, müxtəlif amillərin təsiri nəticəsində rayon ərazisində olan dağ-meşə landşaftlarında rəngarəng torpaq örtüyü formalaşmışdır [5].

Bundan başqa, rayon ərazisində təbii və antropogen amillərin təsiri ilə eroziya prosesi inkişaf etmişdir ki, bu da ərazidəki torpaqların böyük hissəsini, yəni, 53%-ni (369,4 min ha) yararsız hala salmışdır [9].

Bitki örtüyünə gəldikdə isə, rayon ərazisində əsasən, çəmən, kolluqlar və qismən düzənlik meşələri (20,800 ha) geniş yayılmışdır [11]. Samur –Dəvəçi ovalığının bir hissəsini əhatə edən Samur-Yalama meşə massivi dəniz sahili boyu Dağıstan sərhəddinə kimi uzanır və meşələrin tərkibi əsasən, palıdın müxtəlif növləri, ağyarpaq qovaq, Qafqaz vələsindən ibarətdir. Meşə tiplərinə gəldikdə isə, əsasən, ərazi vələs, palıd vələs, lianlıpalıd-qarağac meşəliyi ilə örtülüdür. Digər bitkilər isə, yəni, əzgil, heyva, zirinc, itburnu, qaratikan və digər kolcuqlar isə seyrək ərazilərdə yayılmışdır.

Rayonun Xəzər dənizinə aid olan çayları kanyonvari dərələr yaradırlar [14,9,10]. Rayonun ərazisinə düşən Quruçay çayı bir neçə axan bulaqların birləşməsindən əmələ gəlir və bu bulaqlar qırxbulaq adlanır. Susay kəndindən əvvəl bu bulaqların birləşməsinə qədər (2500 m) Susayçay, kənddən aşağı isə Quruçay adlanır və Qusar ovalığında Xuçbala kəndinin yaxınlığında yoxa çıxır.

Ümumilikdə, Xaçmaz rayonunun iqlimi mülayimdir, başqa sözlə, yayda quraq keçən mülayim isti yarımsəhra və quru çöl iqlimi hakimdir. İyul ayında orta temperatur  $15-25^{\circ}\text{C}$ , yanvar ayında isə  $-2-10^{\circ}\text{C}$  təşkil edir, illik günəş radiasiyası  $120-135\text{ kkal/sm}^2$  arasında dəyişir. İllik yağıntıların miqdarı 300-400 mm-dir [11].

Quba-Xaçmaz zonasının **Şabran** rayonunun ərazisi 1090 km<sup>2</sup> olub, 1 şəhər (Şabran), 68 kənddən ibarətdir, Böyük Qafqazın cənub-şərq hissəsindədir və Xızı, Xaçmaz, Siyəzən, Quba rayonları ilə həmsərhəddir [13]. Rayonun ərazisi dağlıq, düzənlik-dağətəyi olmaqla, müxtəliflik təşkil edir. Şabran rayonunda Şabrançay, Vəlvələçay, Gilgilçay çayları var və Xəzər dənizinə tökülür. Əsasən, çaylar daşqın rejimlidir, yəni, yağışla qidalanır.

Relyef baxımından, Şabran rayonu çox müxtəlifdir, belə ki, dağlıq, düzənlik-dağətəyi zonalardan ibarətdir. Dəniz sahilindən başlayan rayon ərazisi dağlara qədər yüksəlir. Başqa sözlə desək, ən aşağı hissəsi dəniz səviyyəsindən 28 m aşağı, ən yüksək hissəsi isə Quytar dağıdır (1593 m) [10, s.3].

Ərazinin ovalıq hissəsində əsasən Antropogen, dağlıq hissəsində isə Neogen, Paleogen, Tabaşir çöküntüləri yayılmışdır.

Rayon ərazisindəki relyefin müxtəlifliyi bu zonanın sahilində qumluqlar, dağlıq hissəsində dağ şabalıdı, dağ-meşə, açıq şabalıdı, ovalıqda şorankətvari, boz-qonur və s. kimi müxtəlif növ torpaqların yayılmasına səbəb olmuşdur [15].

Ümumilikdə, rayon ərazisində 21500 ha meşə sahəsi vardır və tərkibi əsasən, şərq fıstığı, palıd, vələs, göyüş, ağcaqayın, ardıc cinslərinə aid ağaclardan ibarətdir. Bundan başqa, bir çox ağac-kol cinslərinə, o cümlədən, əzgil, itburnu, alma, armud növlərinə də rast gəlinir və sahilə doğru getdikcə öz yerini yüksək boylu ot bitkilərinə verir [10, s.3].

Şabran rayonunun düzənlik hissəsində yarımsəhra, quru çöl iqlimi, dağətəyi ərazilərdə mülayim isti, orta, yüksək dağlıq hissələrdə rütubətli soyuq, dağ tundra iqlimi hakimdir. Ümumilikdə, orta temperatur 8-10 °C, ən isti aylarda maksimum temperatur 37-39 °C-yə kimi yüksəlir. Eyni zamanda, rayon ərazisində yağıntıların ümumi miqdarı 200-600 mm aralığında təbəddüd edir.

Tədqiqat zonasını əhatə edən Quba –Xaçmaz iqtisadi rayonunun sonuncu rayonu olan **Siyəzən** rayonu Samur-Dəvəçi ovalığında yerləşir. Şərq hissədən Xəzər dənizi, qərb, şimal-qərbdən Şabran rayonu, cənub-şərqdən isə Xızı rayonu ilə əhatə olunmuşdur. Siyəzən rayonunun da relyefi müxtəlifdir, belə ki, şimal-şərqdə düzənlik, cənub-qərbdə isə alçaq dağlıqdır, ümumilikdə, sahəsi isə 703 km<sup>2</sup>-dir və bir şəhər (Siyəzən), bir qəsəbə, otuz iki kənddən ibarətdir. Dağlıq hissələri zəngin növ tərkibinə sahib olan meşələrə malikdir.

Siyəzən rayonu geoloji quruluş baxımından, Üst tabaşir, Paleogen, Neogen çöküntülərindən ibarətdir. Şimal-şərq hissəsində yerləşən, 445 m hündürlüyə malik Beşbarmaq dağı rayonun ən yüksək zirvəsi hesab olunur [3, 10, 7].

Altağac Milli Parkının müəyyən bir hissəsi bu rayonun ərazisinə düşür və ümumilikdə, Siyəzənin landşaftı əsasən, seyrək meşə, kolluqlardan ibarətdir [9]. Samur-Dəvəçi ovalığının dağətəyi hissəsi meşə-çəmən landşaftı, cənub-şərqində isə yarımsəhra landşaftı ilə xarakterikdir.

Torpaq örtüyünə gəldikdə isə, ovalıqda şorankətvari boz qonur, dağlıq hissədə isə açıq şabalıdı, şabalıdı, boz-çəmən, şabalıdı qəhvəyi və nisbətən qara torpaqlar yayılmışdır [9, s.7].

Rayonu meşələrinin tərkibi əsasən palıd, göyüş, vələs, ağcaqayın və digər ağac növlərindən ibarətdir. Burada da ağac-kol cinslərinə aid olan alma, armud, əzgil, itburnu növlər müşahidə olunur. Alçaq dağlıqda yerləşən arid meşələrinə isə seyrək şəkildə inkişaf etmiş ardıc, saqqızağac, yemişan, qaratikan, dovşanalması, söyüdyarpaq armud kimi ağac-kollardan ibarətdir. Dəniz ilə sərhədə doğru isə geniş çəmənliklər, yüksəkboylu ot bitkiləri, həmçinin ilankölgəsi, şoranyer qarasoğan, adi nar və s. yayılmışdır [9].

Siyəzən rayonunun çayları Xəzər hövzəsinə aiddir və böyük çaylar kimi Gilgilçay, Ataçay, Vərdəxçay (Ağçay) və s. misal göstərmək olar [8].

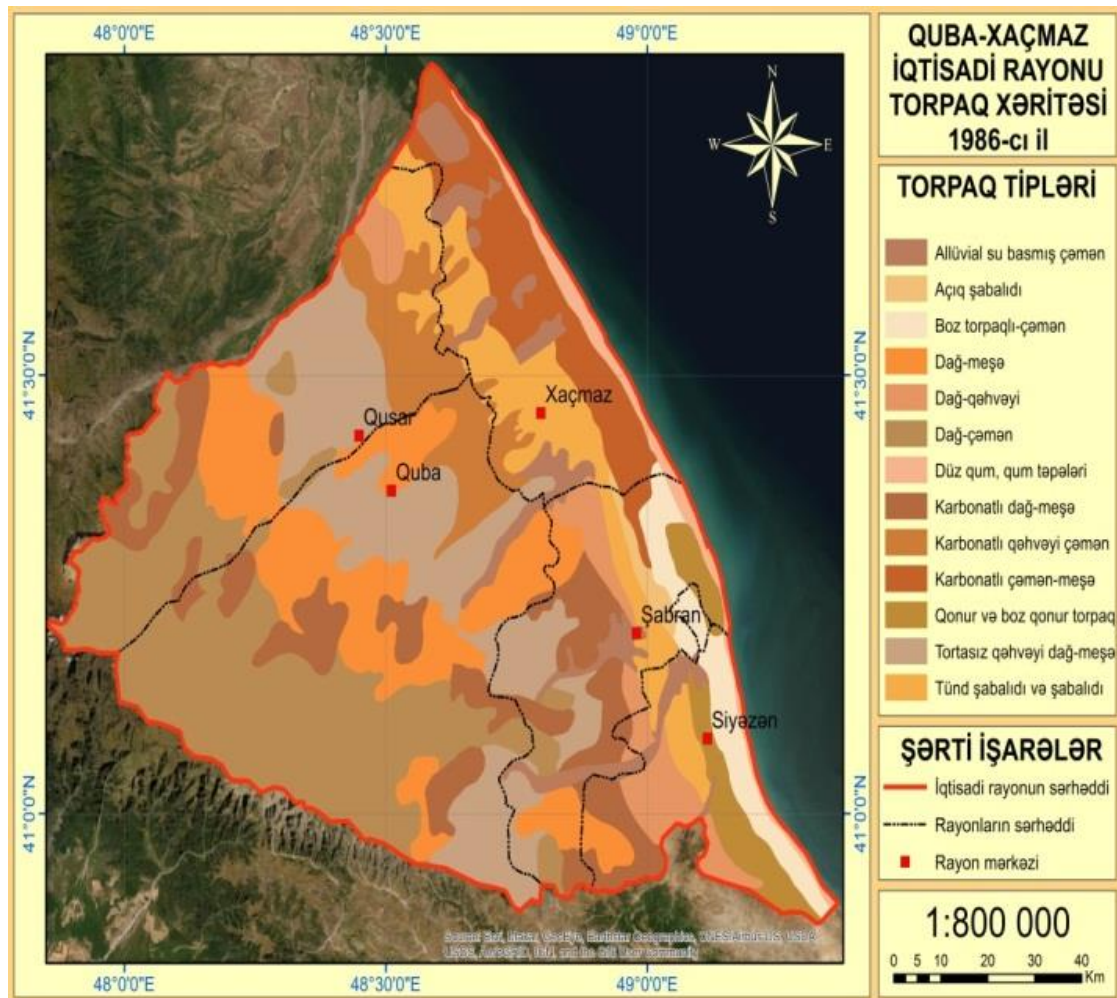
Rayonun alçaq dağlıq hissəsində yayı quraq keçən mülayim isti, ovalıq-dağətəyi zonalarda quru çöl iqlimi üstünlüyə malikdir. Qışda (yanvar) temperatur 1,5 °C, yayda (iyul) isə 23-25 °C, illik yağıntının miqdarı 300-400 mm təşkil edir [9].

Tədqiqat ərazisində ətraf mühitin vəziyyəti və ekoloji şəraitin dəyişməsi bilavasitə insan fəaliyyətilə əlaqəlidir. Belə ki, böyük sahələrin kənd təsərrüfatı bitkiləri altında şumlanması və təbii

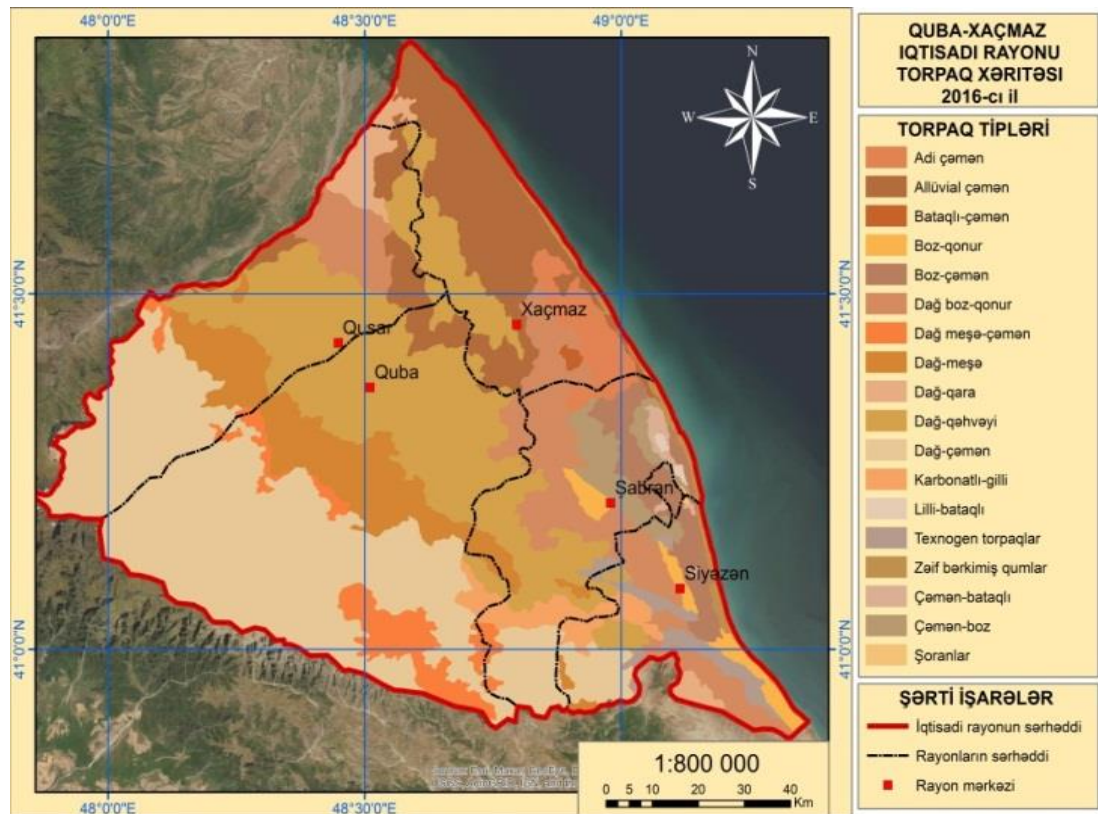
otlaqların yaxşılaşdırılması ilə əlaqədar Yer səthi albedosunun dəyişməsi, rütubətliyiylə sürətlə itirilməsi, toz hissəciklərinin atmosfərə qalxması, vahid otlaq sahəsində hədsiz sayda mal-qaranın otarılması ilə əlaqədar ekosistemlərin bioloji növlərinin müxtəlifliyinin kəskin azalması, torpağın su-fiziki xassələrinin pisləşməsi, su və külək eroziyasının inkişaf etməsini antropogen təsirlərin məcmusu kimi qiymətləndirmək olar.

İqlimin dəyişmələrinin regional ekoloji vəziyyətə mümkün təsirlərinin qiymətləndirilməsi nəticəsində məlum oldu ki, tədqiqat ərazisinin təbiətinə əsaslı təsir göstərən meşə örtüyü son 25-30 ildə qırılıb məhv edilmiş, nəticədə meşəsizləşmə baş vermiş və bozqır ot bitkiləri, seyrək meşə, kserofil meşə kolluqlarının arealı genişlənməyə başlamışdır. Həmçinin, kəndyanı örüş torpaqlarının uzunmüddətli səmərəsiz istifadə edilməsi nəticəsində torpaq örtüyündə güclü eroziya proseslərinin intensivləşməsinə səbəb olmuşdur. Buna misal kimi dağ yamaclarının üzəaşağı şumlanması və becərilməsini göstərmək olar.

Məqalədə, həmçinin Quba-Xaçmaz iqtisadi rayonunun torpaq tipləri və illərə görə xəritəsi yaradılmışdır (şəkil 2, 3).



*Şəkil 2. Quba -Xaçmaz iqtisadi rayonunun torpaq xəritəsi (1986-cı il)*



**Şəkil 3.** Quba -Xaçmaz iqtisadi rayonunun torpaq xəritəsi (2016-cı il)

Şəkil 1 və 2-yə əsasən qeyd etmək olar, dağ çəmən torpaq tipləri yayılmış sahədə 94196 ha, qonur və boz qonur torpaq tipləri yayılmış sahədə isə 19245 ha azalma baş vermişdir.

### ƏDƏBİYYAT

1. İsmayılov, R.A. Böyük Qafqazın şimal-şərq yamacında yerləşən bulaqların keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi / Coğrafiyanın müasir problemləri respublika elmi konfransının materialları 24-25 oktyabr 2019-cu il. –Sumqayıt, –2019. - s. 73-77.
2. Kazımova S.T. Quba inzibati rayonu ərazisinin müasir landşaftlarının təbii ehtiyat potensialının qiymətləndirilməsi / Coğrafiyanın müasir problemləri respublika elmi konfransının materialları 24-25 oktyabr 2019-cu il. –Sumqayıt, –2019. – s. 93-97.
3. Ümumi məlumat. “Azərbaycan Respublikasının inzibati-ərazi vahidləri” — İnzibati kənd rayonları, səhifə 12. // Azərbaycan Milli Ensiklopediyası. 25 cildə. Məsul katib akademik T. M. Nağıyev. "Azərbaycan" cildi.
4. Azərbaycan Respublikasının İqtisadi İnkişaf Nazirliyinin Regionların inkişafı və dövlət proqramları şöbəsi: Qusar Rayonu
5. Eldarov N.Ş. Böyük Qafqazın şimal-şərq yamacının alçaq və orta dağlığında ekzogen proseslərin dinamikasının tədqiqi / Coğrafiyanın müasir problemləri, Respublika elmi konfransının materialları. 24-25 oktyabr, 2019-cu il. –Sumqayıt, –2019. –s.37-41.
6. Будагов, Б.А. Развитие и формирование ландшафтов Юго – Восточного Кавказа в связи с новейшей тектоникой / Б.А. Будагов, А. А. Микаилов. – Баку: ЭЛМ, –1985. –175 с.
7. Müseyibov, M.A. Azərbaycanın fiziki coğrafiyası / M.A. Müseyibov. –Bakı: Maarif, –1998. – 399 s.
8. Məmmədov M. Azərbaycan hidroqrafiyası / M.Məmmədov. –Bakı: Təhsil, –2012. –s. 254.

9. Azərbaycan Dövlət Statistika Komitəsi :Siyəzən rayonu.

10. <http://shabran-ih.gov.az/page/13.html>

11. <http://www.xachmaz-ih.gov.az/page/10.html>

12. <http://www.quba-ih.gov.az/page/13.html>

13. <http://files.preslib.az/projects/azerbaijan/gl2.pdf>

#### **РЕЗЮМЕ**

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО –ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ГУБА-ХАЧМАЗСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЙОНА**

*Рамазанов Р.Г., Байрамова Э.А.*

**Ключевые слова:** Губа-Хачмаз, климат, рельеф, географическое положение, лес

В статье исследованы природно-климатические характеристики Губинского, Гусарского, Хачмазского, Шабранского, Сиязаньского районов, входящих в Губа-Хачмазскую экономическую зону. Также отдельно изучены геологическое строение, почвенно-растительный покров и гидрография каждого района.

#### **SUMMARY**

#### **INVESTIGATION OF PHYSICAL-ECONOMIC AND GEOGRAPHICAL FEATURES OF GUBA-KHACHMAZ ECONOMIC REGION**

*Ramazanov R.H., Bayramova E.A.*

**Key words:** Guba-Khachmaz, climate, relief, geographical location, forest

The article examines the natural and climatic characteristics of the Guba, Gusar, Khachmaz, Shabran, Siyazan districts included in the Guba-Khachmaz economic zone. The geological structure, soil and vegetation cover and hydrography of each district were also studied separately.

|                   |               |            |
|-------------------|---------------|------------|
| Daxilolma tarixi: | İlkin variant | 31.03.2023 |
|                   | Son variant   | 07.07.2023 |

**SƏNAYE KİMYƏVİ TOKSİK MADDƏLƏRİNİN ALLERGİK TƏSİRİ**<sup>1</sup>XƏLİLOV TAHİR ABUZƏR oğlu [ORCID](#)<sup>2</sup>QƏDİMOV VALEH ƏLİ oğlu [ORCID](#)<sup>3</sup>ƏLƏKBƏRLİ GÜLNARƏ YAŞAR qızı [ORCID](#)*Sumqayıt Dövlət Universiteti, Azərbaycan, 1,3 – baş müəllim, 2 – dosent*[x.tahir@mail.ru](mailto:x.tahir@mail.ru)

*Açar sözlər: sənaye zəhərləri, allergiya, kimyəvi allergenlər, antigen, immun sistem, gigiyenik standartlar*

Sənayenin müxtəlif sahələrində, kənd təsərrüfatında, məişətdə və digər sahələrdə insanın təmasda olduğu kimyəvi maddələrin arasında sensibilizəedici təsirə malik çoxlu kimyəvi maddə və materiallar vardır ki, onlar da orqanizmdə allergiya yarada bilirlər.

Allergiya orqanizmin antigen təbiətli maddələrə qarşı yüksəlmiş və təhrif olunmuş reaksiyasıdır və orqanizmin yad amillərə qarşı spesifik cavab vermə qabiliyyətini səciyyələndirir. Allergik reaksiyaların inkişaf mexanizminin əsasını immunoloji dəyişikliklər təşkil edir. Məlumdur ki, immunoloji reaksiyaların mahiyyəti orqanizmin genetik cəhətdən yad olan amillərdən mühafizə edilməsindən, yad təbiətli maddələrin zərərsizləşdirilməsindən və orqanizmdən kənar edilməsindən ibarətdir.

Allergik və immun reaksiyaların fərqli cəhətləri də vardır. Adətən allergik reaksiyalara səbəb olan antigen təbiətli maddələr orqanizmdə spesifik dəyişikliklər yaradır (allergik iltihab, ödem, bronxospazm, sitotoksik reaksiyalar və s.) bu dəyişikliklər immun mexanizmlərin iştirakı ilə yaranır və zədələnmə ilə müşayiət olunduqda allergik, olunmadıqda immun reaksiyalar adlanır. Beləliklə, allergiya orqanizmin toxumalarının zədələnməsi ilə müşayiət olunan immun reaksiyalardır. Allergik reaksiyalar antigen xassəli maddələrin təsiri ilə yaranır. Onları törədən antigenlər “allergen” adlanır. Allergenlər başqa antigenlərdən orqanizmdə yaratdıqları dəyişikliklərə görə fərqlənirlər. Bəzi hallarda antigen təbiətli olmayan maddələr də allergik reaksiyaların inkişafına səbəb olurlar. Belə maddələrə haptənlər deyilir. Haptənlər adi allergenlərdən malekullarının nisbətən kiçik olmasına görə fərqlənirlər. onlar bilavasitə antigen təsir göstərə bilmir, yalnız orqanizmin özünəməxsus zülallarıyla birləşdikdən sonra allergen xassəsi əldə edirlər. haptənlər qrupuna dərman maddələri, demək olar ki, bütün kimyəvi maddələr (bəsit kimyəvi maddələr və mürəkkəb üzvi birləşmələr) aiddir. Allergenlər ekzo və endoallergenlər olmaqla iki qrupa bölünür. Ekzoallergenlər orqanizmə xarici mühitdən daxil olur, endoallergenlər isə onun özündə əmələ gəlir. [5]

Allergenlərin orqanizmə daxil olması sensibilizasiya ilə nəticələnir. Sensibilizasiya dedikdə orqanizmin allergenə qarşı həssaslığının yüksəlməsi nəzərdə tutulur. Sensibilizasiya zamanı ilk dəfə antigen daxil olmuş orqanizmdə antitellər (anticismlər) və sensibilizasiyaya uğramış limfositlər yaranır. Orqanizmin bir növ antigenə qarşı həssaslığının yüksəlməsi monovalent, eyni vaxtda bir neçə allergenə qarşı həssaslığının yüksəlməsi isə polivalent sensibilizasiya adlanır.

Immun sisteminin əsas morfofunksional elementi kiçik limfositlərdir. Qanyaradıcı üzv və toxumalarda (sümük ilişi, limfatik düyünlər, dalaq və s.) hemositoblast hüceyrələrindən yaranan kiçik limfositlər timus vəzisində daxil olaraq inkişaf edir və təlimatlanırlar. Timus vəzisindən asılı olan təlimatlanmış limfositlər T-limfositlər və ya T-hüceyrələr adlanır. Uzun ömürlü bu T-hüceyrələrin qılabında onları digər limfositlərdən ayıran spesifik Q-antigeni və antigenin tanınması üçün immunoqlobulin reseptoru –İg T olur. T-limfositlərin əsas hissəsi timus vəzisində qalır, digər

hissəsi isə təlimatlanandan sonra vəzini tərk edir və bərdə ora qayıtmır: dalaqda, limfatik düyünlərdə və bağırsaqların limfatik törəmələrində yerləşir. Bu hüceyrələrin bir hissəsi qısa ömürlü olub  $T_1$  – limfositlər adlanır, orqanizmin genetik statusundan asılı olaraq özlərində daşıdıqları immunoqlobulinlərin vasitəsi ilə orqanizmə yad olan məlekulların tanınmasına xidmət edir.  $T_1$  – limfositlər antigen məlumatı alanda  $T_2$  – limfositinə çevrilirlər.  $T_2$  – limfositlər öz növbəsində bölünmə yolu ilə çoxalaraq klon əmələ gətirirlər. Yaranan klon T-hüceyrələrin morfoloji identik, lakin funksional cəhətdən müxtəlif və immun cavabının formalaşmasında fəal rol oynayan populyasiyalardan ibarət olur. T-hüceyrə populyasiyalarına xelperlər (köməkçilər), supressorlar (digər hüceyrələrin aktivliyinin inqibitorları), killerlər (məhv edənlər) və ləng tipli hiperhəssaslığın inkişafına cavabdeh olanlar aiddir. Limfositlərin ikinci böyük populyasiyası B-limfositlər və ya B-hüceyrələr adlanır. Onlar timus vəzisdən asılı olmayan limfositlərdir. B-hüceyrələrin səthində immunoqlobulin reseptorları yerləşmişdir. Bu hüceyrələrin əsas funksiyası antitellər yaratmaqdır. İmmun cavabında A-hüceyrə sistemi və ya marofaqlar da iştirak edirlər. makrofaqlar hərəkətdə olan iri hüceyrələrdir. Onların səthində immunoqlobul və komplement reseptorları yerləşir və onlar faqositoz və pinositoza qadirdirlər. [2]

Antigen orqanizmə daxil olanda onun antigeni ilə aktivləşmiş T-limfositlər klonu spesifik humoral amillərin, yəni qanda dövr edən anticismlərin (antitellərin) vasitəsi ilə antigeni neytrallaşdırır. Bu halda immun cavab hüceyrə immuniteti adlanır. Humoral immunitet isə B-hüceyrələrin iştirakı ilə immunoqlobulinlərin müxtəlif siniflərinə aid antitellərin əmələ gəlməsi və antigen-antitel komplekslərinin və ləng gedişli hiperhəssaslığa cavab verən T-limfosit populyasiyasının yaranması və onların afferent hüceyrələrlə əlaqəyə girməsi qana bir sıra biogen aminlərin ifrazı ilə nəticələnir (allergiyanın patokimyəvi fazası). Belə bioloji aktiv substansiyalar sayə əzələlərin spazmanı, damar pozğunluqlarını, qanın laxtalanmasında dəyişikliklər və s. əmələ gətirir ki, bu da allergik prosesin patofizioloji fazasını təşkil edir.

Allergen orqanizmə daxil olanda qanda limfa və onun törəmələrində daima mühafizə rolunu aparan T-limfositlər antigen məlumatını alır və yuxarıda qeyd olunan immun mexanizmləri işə düşür, nəticədə antigenə qarşı spesifik immun cisimciklər-antitellər yaranır. Yaranmış antitelin xarakteri əmələ gələcək allergik reaksiyaların növünü müəyyən edir. Belə ki, sürətli allergik reaksiyalar orqanizmdə sintez olunan humoral antitellərlə, ləng gedişli allergik reaksiyalar isə xüsusi antitellər-reseptorlara malik olan immun hüceyrələrin (T-limfositlərin) əmələ gəlməsi ilə əlaqədardır. Allergik reaksiyanın əlamətləri və gedişi onu törədən antigenlə reaksiyaya girən immunoqlobulinin növündən asılıdır. İmmunoqlobulinlərin beş sinfi məlumdur: JgG, JgM, JgA, JgE, JgD. Allergik reaksiyalar inkişaf müddətinə görə sürətli və ləng gedişli reaksiyalara bölünürlər. antigenin təkrarən orqanizmə daxil olduğu vaxtdan sonra 15-20 dəqiqə müddətində yaranan reaksiyalar sürətli, 1-2 gün sonra yaranan reaksiyalar isə ləng gedişli allergik reaksiyalar hesab edilir. Anafilaktik şok, Overi fenomeni, özvə, Kvinke ödemi, zərdab xəstəliyi, bronxial astmanın qeyri-infeksiyon forması, pollinoz vəs. sürətli allergik reaksiyalar qrupuna aiddir. Ləng gedişli allergik reaksiyalara bakterial mənşəli allergiyaları, transplantatın ayrılma reaksiyalarını, kontakt dermatitləri və s. misal göstərmək olar. [1]

Həyatın bütün sahələrinin, o cümlədən sənayenin intensiv olaraq kimyalaşdırılması ilə əlaqədar kimya və neft-kimya sənayesinin sürətli inkişafı insanların həyat fəaliyyətində və iş prosesində kimyəvi allergenlərlə təması artırılmışdır. Bu da onların arasında bir sıra allergik xarakterli patoloji halların artmasına gətirmişdir.

Hazırda müxtəlif sinif kimyəvi birləşmələrə aid çoxlu kimyəvi allergenlər məlumdur. Bunlardan yüksək allergen aktivliyinə malik olanları di və trinitrobenzoldardır. Mononitrobenzollar və tərkibində nitroqruplar olmayan benzolun törəmələri bir qayda olaraq sensibilizəedici təsirə malik deyildir. Di və trinitrobenzolların yan radikallarına halogenlərin (xüsusən xlor və florun) daxil edilməsi onların allergenliyini artırır. Quruluşunda doymamış furan halqası olan bir sıra birləşmələrin də güclü sensibilizə effektivə malik olması aşkar olunmuşdur. Bunlara furan, furfurilaseton, furan spirti və s. aiddir. Doymuş furan halqası olan və karbonlar arasında ikiqat

rabitəsi olmayan (məsələn, tetrahidrofuran) birləşmələr allergen xassələrinə malik deyildir. Pirudazonun hallogen törəmələri də zəif sessibilizəedici təsirə malikdirlər. onların yan zəncirinə alifatik və ya tsiklik radikalların daxil edilməsi, həmin birləşmələrin güclü allergen xassələr qazanmasına gətirir. Molekulların tərkibində tioizosianat və izosianat qrupların olması, belə birləşmələrin güclü allergen xassələrinin əmələ gəlməsinə səbəb olur. Toluol allergen xassəyə malik olmadığı halda onun diizosianatı güclü allergen xassələrinə malikdir. Ən çox yayılmış kimyəvi allergenlər  $\alpha$  vəziyyətində epoksid qrupları olan birləşmələrdir (epixlorhidrinlər, epoksid qətranları və s.). Sensibilizəedici effektdə bir sıra anhidridlər (malein və ftal turşusunun), aldehidlər (formaldehid və onun polimerləri, qlutar eldehidi və s.), strukturunda həlqə olan üzvi turşular (izoftal, naftalinkarbon, monoxlorsirkə turşuları və s.) malikdirlər. Kimyəvi allergenlərin molekulları əksər hallarda iki və ya üç allergen qrupuna malik olurlar. Məsələn, güclü allergen olan epoksifurfurilin molekulunda açıq epoksid qrupu və doymamış furan həlqəsi vardır. Çoxsaylı sənaye allergenləri allergenlərin mürəkkəb kompozisiyası şəklində mövcuddur. Müxtəlif allergen komponentləri olan polimer materiallarını bunlara misal göstərmək olar: qalıq monomerlər, formaldehid, epoksidlər, akrilatlar, izosianatlar, divinil qrupları, kaprolaktam, qlikol, ftal və malein turşu anhidridləri əsasında olan mürəkkəb efirlər, trietanolamin, kanifol, tiuram D və neozan D və s. bu allergenlər polimerlərin istehsalı və istehlakı prosesində işçi zonasının havasını çirkəndirirlər. [3]

Kimyəvi allergenlərin böyük bir qrupun metallar təşkil edirlər. xrom, kobalt, nikel, manqan, platin, berillium, palladium, sirkonium, litium, izodium, rodium və auriumun allergen olması hazırda öz təsdiqini tapmışdır. Allergen xassələrinə təkcə metallar yox, həm də onların duzları, erintiləri, qarışıqları və tərkibində metal olan müxtəlif kimyəvi materiallar da malikdir.

Sənaye kimyəvi allergenləri uzun müddət təsir edəndə dəri örtüyü, tənəffüs üzvləri və gözün müxtəlif zədələnmələrini əmələ gətirirlər. Onların təsirindən həm də müştərək patoloji hallar yarana bilər. Belə kimyəvi maddələrin allergen təsiri ilə yanaşı eyni vaxtda onların ümumi toksiki təsiri də müşahidə olunur. Belə patoloji hallar astmatik komponentli toksiki bronxitləri, allergik dermatitlərlə müşayiət olunan toksikodermiyaları, qara ciyərin xroniki toksiki zədələnmələriylə yanaşı gedən tipik allergik bronxial astmanı və s.-ni misal göstərmək olar.

Kimyəvi allergenlərin təsiri ilə inkişaf edən allergik xəstəliklərin profilaktikası məqsədilə hazırda kimyəvi allergenlərin aşkarlanması və onların ətraf mühit obyektlərində tənzimlənməsinin metod və üsulları işlənilmişdir. Onların işçi zonasının havasında, suda və atmosfer havasında gigiyenik standartlarının qanunvericilik qaydasında təyin olunması nəzərdə tutulmuşdur. Eyni zamanda yeni dərman preparatlarının, kosmetik, yuyucu, təmizləyici materialların, qida sənayesində istifadə olunan əlavələrin allergik xassələrinin aşkarlanması və təhlükəliyinin yoxlanılması yolları müəyyən olunmuşdur.

Yeni allergenlərin aşkarlanması, onların gigiyenik normativlərinin işlənilməsi təcrübi heyvanların üzərində keçirilən toksikoloji-allergoloji təcrübələrə əsasən aparılır. Kimyəvi maddənin allergenlik təhlükəliliyini qiymətləndirmək üçün orqanizmin immun sisteminin cavabının (sensibilizasiyanın) təyin edilməsi meyar kimi qəbul olunmuşdur. Kimyəvi birləşmələrin sensibilizasiyaedici xassəsi təsdiq ediləndə onların istifadəsi qadağan olunur. Dərman preparatlarında belə effekt aşkarlananda isə onların farmakoloji əvəzolunmazlığı nəzərə alınaraq təlimatlarında allergik fəsadların mümkünlüyü və onların qəbuluna əks göstərişlər qeyd olunur.

Kimyəvi haptənlərin gigiyenik standartlarının təyin olunması üçün təcrübələrdə spesifik allergen hədd konsentrasiyaları ( $Lim_{al}$ ) və spesifik təsir göstərməyən konsentrasiyaları təyin olunur. Gigiyenik standart spesifik təsir göstərməyən konsentrasiya səviyyəsində ehtiyat əmsalı nəzərə alınmaqla təyin edilir. Bir sıra hallarda allergen təhlükəliliyini azaltmaq üçün mürəkkəb tərkibli sənaye materiallarının gigiyenik reqlamentləşdirilməsi onların tərkibindən kimyəvi haptənlərin çıxarılması və ya digərləri ilə (qeyri-allergenlə) əvəz olunması yolu ilə həyata keçirilir.[6]

Təsdiq olunmuş gigiyenik standartlar sonradan klinik-gigiyenik aprobeasiyadan keçirilir. İmmun sistemin funksiyası terapevt, dermatoloq, Lor həkimi və lazım olan hallarda oftalmoloqun iştirakı ilə müayinələr, qanın ümumi analizi, sonradan isə dərin ümmunoloji tədqiqatların aparılması

aparılması yolu ilə qiymətləndirilir. Belə tədqiqatların nəticələri lazım olduqda gigiyenik standartı korreksiya etməyə və profilaktik tədbirlər hazırlamağa imkan verir.

### **ƏDƏBİYYAT**

1. Səmədov, İ. Peşə zəhərlənmələri / İ.Səmədov, N.Əliyev. –Bakı: Azərnəşr, –1977, –208 s.
2. Алексеева, О.Г. Аллергия к промышленным химическим соединениям / Алексеева О.Г., Дуева Л.А. –М.: Медицина, –1977. –272 с.
3. Голиков, С.Н. Общие механизмы токсического действия / С.Н.Голиков, И.В.Саноцкий, Л.А. Туинов. –Л.: Медицина, –1986. –280с.
4. Кустов, В.В. Комбинированное действие промышленных ядов/ В.В.Кустов, Л.А.Туинов, Г.А.Васильев. –М.: Медицина, –1975, –256с.
5. Профилактическая токсикология / Сборник учебно-методических материалов. Под общ. Ред. Акад. АМН СССР Н.Ф.Измерова в 2-х томах. Центр международных проектов ГКНТ, –М., –1984. –378С-I т, 392с-часть I т. II.
6. Саноцкий, И.В. Отдаленные последствия влияния химических соединений на организм / И.В.Саноцкий, В.Н.Фоменко. –М.: Медицина, –1979, –232 с.

### **РЕЗЮМЕ**

#### **АЛЛЕРГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ХИМИЧЕСКИХ ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ**

*Халилов Т.А., Гадимов В.А., Алекберли Г.Я.*

**Ключевые слова:** *промышленные яды, аллергия, химические аллергены, антиген, иммунная система, гигиенические нормативы*

При длительном действии промышленных ядов в качестве химических аллергенов повреждаются кожа, органы дыхания, глаза. Их влияние также может вызывать общие патологические состояния. Помимо аллергического действия таких химических веществ, одновременно наблюдается и их общетоксическое действие. Примерами таких патологических случаев являются бронхит с астматическим компонентом, токсикодермия, сопровождающаяся аллергическим дерматитом, типичная аллергическая астма, сопровождающаяся хроническим токсическим поражением печени и др.

### **SUMMARY**

#### **ALLERGIC EFFECTS OF INDUSTRIAL CHEMICAL TOXIC SUBSTANCES**

*Khalilov T.A., Gadimov V.A., Alekberli G.Y.*

**Keywords:** *industrial poisons, allergies, chemical allergens, antigen, immune system, hygienic standards*

When industrial poisons act as chemical allergens for a long time, skin, respiratory organs, and eyes are damaged in various ways. Their influence can also cause common pathological conditions. In addition to the allergic effect of such chemicals, their general toxic effect is also observed at the same time. Examples of such pathological cases are bronchitis with an asthmatic component, toxicoderma accompanied by allergic dermatitis, typical allergic asthma accompanied by chronic toxic liver damage, etc.

|                   |               |            |
|-------------------|---------------|------------|
| Daxilolma tarixi: | İlkin variant | 20.06.2023 |
|                   | Son variant   | 07.09.2023 |

UOT 581.2

DOI 10.54758/16801245\_2023\_23\_3\_69

## SİTRUS BİTKİLƏRİNDƏ MİKOLÖJİ, BAKTERİOLOJİ, VİRUSOLOJİ VƏ FİTOPLAZMA XƏSTƏLİKLƏRİNİN TƏYİNİ SİMPТОMLARI VƏ ÜMUMİ XARAKTERİSTİKALARI

QƏRİBOVA SUĞRA RUSLAN qızı [ORCID](#)

Lənkəran Dövlət Universiteti, Azərbaycan, dissertant

[sugra11s@yandex.com](mailto:sugra11s@yandex.com)

**Açar sözlər:** *sitrus, citrus xəstəlikləri, mikoloji xəstəliklər, virus xəstəlikləri, bakteriya xəstəlikləri, fitoplazma xəstəlikləri.*

Mənşəyi Çin, Cənubi Asiya və Hindistan olan sitrus bitkiləri ölkəmiz üçün həm texniki, həm də qida və tibbi baxımdan mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Mədəni bitkilərin müxtəlif xəstəliklərinin abiotik stress faktoru kimi bitkilərə təsiri bitkinin məhsuldarlığını azaldır, məhsulun keyfiyyətini aşağı salmaqla bərabər, bəzən məhsulun tamamilə yararsız hala düşməsinə və bitki plantasiyalarının məhv olmasına səbəb olur. Ona görə də sitrus bitkilərinin xəstəliklərinin yayılma areallarının monitorinqi, xarakteristik simptomlarına görə təyini, xəstəliyin yayılmasında iştirak edən həşəratların təyini, onlara qarşı müvafiq mübarizə metodlarının tətbiqi və yeni metodların işlənilib hazırlanması son zamanlarda dünyanın bir çox aparıcı elmi-tədqiqat mərkəzlərində geniş tədqiq olunur.

Sitrus bitkilərində ən çox rast gəlinən göbələk xəstəlikləri *Mycosphaerella citri*, *Elsinoe fawcettii*, *Diaphorthe citri*, *Alternaria alternata*, *Phytophthora spp.*, *Guignardia citricarpa* (*Phyllosticta citricarpa*) göbələk cinslərinin yaratdıqları xəstəliklərdir. Erkən yarpaq tökülməsinə səbəb olan *Mycosphaerella citri* göbələyinin səbəb olduğu yağlı ləkə xəstəliyi ilk dəfə 1915-ci ildə Florida ştatında qeydə alınıb [1]. *Mycosphaerella citri* ilə yoluxan sitrus bitkilərinin yarpaqlarının üst səthində sarı ləkələr yaranır. Alt səthində isə solğun sarı rəngli qabarıqlıq görünür. Sonradan ləkələr sarıdan qəhvəyi rəngə, ən sonda isə qara rəngə çevrilir və ləkələrin kənarları yağlı görünür. (Şəkil 1) Xəstəliyi funqisidlərlə idarə etməyə tez başlanılmadığı təqdirdə erkən xəzan baş verir. Xəstəlik üçün bir çox funqisidlərdən istifadə edilsə də, əsas ənənəvi üsul mis funqisid və neft yağıdır. Mis funqisid cücərən sporları və mitselini məhv edərək infeksiyanın qarşısını alır [2].



Şəkil 1. *Mycosphaerella citri* ilə yoluxmuş sitrus bitkisi



Şəkil 2. *Elsinoe fawcettii* ilə yoluxmuş sitrus bitkisi

*Elsinoe fawcettii* 1936-cı ildə Bitank və Cenkins tərəfindən müəyyən edilib [3]. Həm bitkinin yarpağında, həm də sitrus meyvəsinin üzərinin qabıq bağlamasına, yaralar əmələ gəlməsinə səbəb olur. Xəstəliyin əsas simptomları yarpaqların inkişafı dövründə daha yaxşı təyin edilir. Belə ki, yarpağın səthində şiş və ya çıxıntılar yaranır və adətən bu çıxıntılar böyüdükcə üzərində solğun mantar toxuması ilə örtülür. (Şəkil 2) Ağır yoluxmuş sitrus bitkilərində burulmuş və formasını itirmiş yarpaqlara rast gəlinir [4]. Xəstəliyin yayılmasının qarşısını almaq üçün mis, ferbam, benomil və s. kimi funqisidlərdən istifadə etmək olar [5].

Sitrus bitkilərində melanoz yoluxucu xəstəliyinə səbəb olan *Diaporthe citri* göbələyi qısa müddət ərzində məhsuldarlığı aşağı salır. Melanoz ilk dəfə 1892-ci ildə Swingle və Webber tərəfindən Floridada aşkarlanıb. Çində hazırda da sitrus bağlarının ən böyük problemlərindən biri olan melanoza sitrus bitkilərinin yarpaq və meyvələrdə rast gəlmək olar. Adətən cavan zoğları daha asan yoluxan yarpaqlarda tünd, dairəvi, sarımtıl kənarları olan yaralar əmələ gəlməyə başlayır. İnkişaf etdikcə yaralar böyüyür, sarımtıl kənarları itir və qəhvəyi rəngə çevrilir [6]. Meyvələrdə isə yaralar kiçik, qaydasız şəkildə dağılmış, kərpic qırmızısından qara rəngə qədər fərqli çalarlarda olur (Şəkil 3). Melanozun yayılmasının qarşısını qalmaq üçün yoluxmuş budaqları kəsmək, vaxtı-vaxtında funqisidlərdən (xüsusilə, mis funqisid) istifadə etmək lazımdır [7].

Sitrus bitkilərində xüsusilə də, naringidə *Alternaria alternata* göbələyinin səbəb olduğu qara çürümə xəstəliyi ilk dəfə 1903-cü ildə Avstraliyada aşkarlanıb. Patogen isə *Alternaria Citri* adıyla 1966-cı ildə identifikasiya olunsa da, sonradan 1991-ci ildə *Alternaria alternata* olaraq yenidən adlandırılıb [8]. *Alternaria* ilə yoluxan meyvənin üzərində kiçik, qara, nöqtəşəkilli yaralar, yarpaqlarda isə sarı dairələrlə əhatə olunmuş qəhvəyi-qara ləkələr əmələ gəlir (Şəkil 4). Sağlam, yüksək keyfiyyətli meyvələr zədələnmiş meyvələrə nisbətən daha dözümlü olur Xəstəliyin qarşısını almaq üçün funqisidlərdən istifadə etməklə yanaşı, bəzən bioloji üsul olaraq xüsusi bitki tərkibli yağlardan da istifadə edirlər. Bunlardan dəfnə və nanə cövhəri yağını ayrı-ayrılıqda və ya qarışdıraraq istifadə edilir [9].



**Şəkil 3.** *Sitrus bitkilərində melanoz xəstəliyi*



**Şəkil 4.** *Alternaria xəstəliyi*

*Phytophthora spp.* sitrus bitkilərində ən çox yayılmış göbələk xəstəliklərindən biri olan sitrus kök çürüməsi və ya sitrus qummozuna səbəb olur. Tarixi mənbələrə əsasən sitrus bitkilərində fitofthora ilk dəfə 1876-cı ilin əvvəllərində Floridada şirin portağal şitillərində rasr gəlinib [10]. Göbələk sitrus ağacının və gövdəsini yoluxduraraq yavaş-yavaş məhv olmasına səbəb olur. Ən çətin şəraitdə belə fitofthoranın sporları torpaqda uzun müddət qalır. Əlverişli, rütubətli şərait yarandıqda isə zoosporlar suda çoxalaraq bitkini yoluxdurmağa başlayır. Xəstəliyin inkişaf mərhələsindən asılı olaraq yarpaqlar açıq yaşıl, sarı olur və bəzən vaxtından əvvəl tökülür. Patogen ağacın qabığını yoluxduraraq onun yumşalması və parçalanmasına səbəb olur. Ağacların gövdəsində qəhvəyi, tünd ləkələr və qummoz əmələ gəlir. Ona görə də bəzən bu xəstəliyə sitruz qummozunu da deyirlər (Şəkil 5). Xəstəliyin qarşısının alınması üçün ağaclar həddindən artıq suvarılmamalı, əkin üçün götürülən bitki materialı təmiz olmalı və vaxtı-vaxtında funqisidlərdən istifadə edilməlidir [11].

Sitrus bitkilərini yoluxdurən digər xəstəlik sitrus qara ləkə xəstəliyidir ki, buna *Guignardia citricarpa* (cinsi mərhələ) və *Phyllosticta citricarpa* (qeyri-cinsi mərhələ) göbələk cinsi səbəb olur. İlk dəfə bu xəstəlik 1879-cu ildə Avstraliyanın Sidney şəhərində, sonradan isə 1929-cu ildə Cənubi

Afrikanın Natal sahilində aşkarlanıb [12]. Göbələyin sporları külək və suyla yayılaraq sitrus ağaclarını sirayətləndirə bilər. Bu zaman meyvənin üzərində mərkəzi boz rəngli olan iri qara nöqtələr şəklində ləkələr əmələ gəlir [4]. Simptomlar adətən ağacın günəş şüaları düşən hissəsində meydana çıxır (Şəkil 6.) Xəstəlik meyvənin vaxtından əvvəl düşməsinə və meyvənin keyfiyyətinin azalmasına səbəb olur. Vaxtaşırı funqisidlərdən istifadə edilməsi xəstəliyin zərərini ən az endirməyə kömək edir. Lakin dərmanlama prosesi vaxtında xüsusi aralqlarla aparılmalıdır. 7-14 günlük gecikmə bütün məhsulun sıradan çıxmasına səbəb ola bilər [13].



Şəkil 5. Sitrus ağacında fitoftora xəstəliyi



Şəkil 6. Sitrus meyvəsində *Guignardia Citri* göbələyinin səbəb olduğu xəstəlik

Sitrus bitkilərini yoluxdurən bakterial xəstəliklərdən ən çox yayılanı *Xanthomonas Citri* qram-neqativ bakteriyasının səbəb olduğu sitrus xərçəngi xəstəliyidir. Sitrus xərçəngi olan bitkini insanlar üçün yemək güvənli olsa da, marketinqdə iqtisadi zərərə səbəb olur. Bu xəstəlik ilk dəfə 1827-ci ildə Hindistanda herbari nümunələrində görülsə də, 1915-ci ildə Amerika Birləşmiş Ştatlarında kəşf edilib [14]. Bakteriya meyvəyə gözənlərlə, insanlar vasitəsilə və ya *Phyllocnistis citrella* kimi həşəratların zədələdiyi hissələrdən keçə bilər. Bu zaman sitrusun gənc meyvə və yarpaqlarında nekrotik lezyonlar görünür. Lezyonlar böyüdükcə bronz rəngdən qəhvəyi rəngə çevrilir, sarı halqalarla əhatə olunmuş sulu kənarlar görünməyə başlayır [15]. (Şəkil 7) Ağır yoluxmalar erkən yarpaq və meyvə tökülməsinə, budaqların məhvində, yarpaq və meyvələrin üzərində iri yaralar (adətən bərk qabıq bağlamış yaralar kimi görünür) əmələ gəlməsinə səbəb olur [16]. Sitrus xərçəngini tam sağaltmaq mümkün olmasa da, mis funqisidlərlə idarə etmək mümkündür [15].



Şəkil 7. *Xanthomonas Citri* bakteriyasının səbəb olduğu sitrus xərçəngi xəstəliyi

Başda limon olmaqla sitrus bitkilərinin çoxunda ciddi xəstəliyə səbəb olan virus xəstəliklərindən Sitrusların xlorotik cırtdan virusu (CCDV – *Citrus Chlorotic Dwarf Virus*) və Sitrus sarı damar xəstəliyini (CYVCV – *Citrus Yellow Vein Clearing Virus*) göstərmək olar. CCDV xəstəliyinə ilk dəfə 1990-cı ilin ortalarında Türkiyədə rast gəlinib və hazırda da bu xəstəlik Türkiyədə yayılan ən təhlükəli sitrus xəstəliyidir. Xəstəliyi yayan *Parabemisia myricae* və digər həşərat vektorları olduğu təyin edildi. Xəstəlik özünü 3-6 aydan sonra büruzə verir. Yoluxma zamanı məhsuldarlıq ilk ildə yaxşı olsa da, növbəti ilə zəifləməyə, yarpaqlar kiçilməyə və

büzülməyə, əyilməyə, tərs çevrilməyə başlayır [17]. (Şəkil 8) Təəssüf ki, xəstəliyin qarşısını heç bir kimyəvi və bioloji üsullarla almaq mümkün deyil. Lakin *Parabemisia myricae* zərərvericisinə qarşı buprofezin və priproksifen kimi insektisidlərdən istifadə etmək olar [18].

EPPO-nun da siyahısında olan *Citrus Yellow Vein Clearing Virus* (CYVCV) ilk dəfə 1988-ci ildə Pakistanda limon və turş portağal ağaclarında aşkarlanıb. Xəstəlik calaq və ya çirklənmiş ləvazimatlardan istifadə zamanı və ya həşərat vektorları (*Aphis spiraeicola*, *Aphis craccivora*, *Aphis gossypii* və *Dialeurodes citri*) ilə yayıla bilər. Sitrusun bütün növlərini yoluxdura bilən CYVCV xəstəliyinin əsas simptomlarına yarpaqlarda qırıxıqlıq, saralmalar, ana və yan damarlarda rəng açılmaları, yarpağın kənarlarında qıvrımların əmələ gəlməsi, yarpaq və meyvələrin kiçilməsi aiddir [19]. (Şəkil 9) Xəstəliyin yaranmasının qarşısını həşərat vektorlarının yayılma ərazisini və inkişaf tsiklini öyrənib, insektisidlərdən istifadə edərək almaq olar [20].

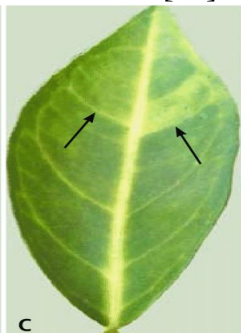


**Şəkil 8.** *Sitrus bitkisinin yarpaqlarında CCDV xəstəliyinin simptomları*



**Şəkil 9.** *Sitrus bitkisinin yarpaqlarında CYVCV xəstəliyinin simptomları*

Sitrus xəstəliklərini yoluxduran ən təhlükəli xəstəlik sitrus yaşıllaşması və ya *Huanglongbing* (Citrus greening or HLB) xəstəliyidir [21]. HLB xəstəliyini ilk dəfə 1919-cu ildə Cənubi Çində Reinking “sarı tumurcuq” adı çox əhəmiyyəti olmayan bir xəstəlik olaraq qeyd edib. Lakin 1936-cı ildə xəstəlik Çində geniş yayılaraq ciddi problemə çevrildi və xəstəliyin adı da Çin dilində “huang long bing”, yəni “sarı tumurcuq xəstəliyi” olaraq adlandırıldı. Xəstəliyin üç növü var: Afrika (*Candidatus Liberibacter africanus*), Asiya (*Candidatus Liberibacter asiaticus*), və Amerika (*Candidatus Liberibacter americanus*) [22]. Afrika və Amerika forması Afrika sitrus psillidi *Trioza erytrae* ilə yayılaraq həm isti, həm də soyuq hava şəraitində inkişaf edə bilər. Asiya növü isə sadəcə soyuq şəraitdə inkişaf edərək Asiya sitrus psillidi *Diaphorina citri* vasitəsilə ötürülür [21]. HLB bütün sitrus bitkilərini və onların hibridlərini yoluxdura bilər. Bu xəstəliyə yoluxmuş sitrus meyvəsi kiçik, tumsuz, solğun rəngli olur. Dadında yüksək turşuluq və acılıq hiss edilir. Meyvə inkişaf etdikcə orta hissəsindən yaşıllaşmağa başlayır ki, buna görə də bəzən bu xəstəlik sitrus yaşıllaşması adlandırılır. Sitrusun yarpaqlarında görülən əsas simptom ana və yan damarların saralmasıdır. Bununla yanaşı yarpaqlarda qalınlaşma və damarların genişlənməsinə də rast gəlinir (Şəkil 10). HLB-in bütün ağacları sirayətləndirməsi bir neçə il çəkir və sonda bütün ağac məhv olur, məhsuldarlıq itir [22]. Xəstəliyin qarşısını almaq demək olar ki, mümkün deyil. Sadəcə əvvəlcədən tədbir almaqla (insektisidlərdən istifadə etmək, təmiz ağac materialları götürmək) xəstəlikdən qorunmaq mümkündür [23].



**Şəkil 10.** *Sitrus bitkilərində HLB xəstəliyi*



**Şəkil 11.** *Cadugər qarının süpürgəsi xəstəliyi*

Cadugər qarının süpürgəsi (Witches' broom) ilk dəfə 1975-ci ildə Omanda görülüb. Xəstəliyə səbəb hüceyrə divarına sahib olmayan prokariot *Candidatus Phytoplasma aurantifolia* fitoplazmasıdır. İlk dəfə Omanda rast gəldiyində fitoplazmanın daşıyıcısının nə olduğunu bilinməsə də, sonradan xəstəliyin daşıyıcısının yarpaq zərərvericisi olan *Hishimonus phycitis* olduğu müəyyən edildi. Xəstəliyi elektron mikroskopu ilə yoluxmuş bitkinin floemasında müşahidə etmək olur. Əsas simptomu kiçik, solğun yarpaqları olan nazik budaqların birləşib yayılaraq süpürgə əmələ gətirməsidir (Şəkil 11) Xəstəliyə yoluxmuş ağac 3-5 il ərzində tamamilə məhv olur [24].

Fermerləri və həyatıyanı sahələrdə sitrus bitkiləri yetişdirənləri sitrus xəstəliklərinin simptomologiyası ilə yaxından tanış etmək xəstəliklərin azalması üçün önəmlidir [15]. Yuxarıda qeyd edilən sitrus xəstəliklərinin yayıldıqdan sonra qarşısını almaq mümkün olmadığı üçün əvvəlcədən həşərat vektorlarının yayıldığı ərazini, onların inkişaf tsiklini bilmək və vaxtında funqisid və insektisidlərdən istifadə etməklə xəstəliklərin yaranmasının qarşısını almaq olar.

### ƏDƏBİYYAT

1. R. J. McGovern et.,al - Reduction of Defoliation in Citrus Caused by *Mycosphaerella citri* with a Novel Biocompatible Fungicide. 2003
2. S.N.Mondal, L.W.Timmer – Greasy Spot, a Serious Endemic Problem for Citrus Production in the Caribbean Basin, University of Florida, 2006.
3. Li-Yuan Wang, Hui-Ling Liao, Huey-Jiunn Bau, Kuang-Ren Chung - Characterization of pathogenic variants of *Elsinoë fawcettii* of citrus implies the presence of new pathotypes and cryptic species in Florida. 2009
4. Stephen H.Futch – A Guide to Citrus Disease Identification, University of Florida, 2001.
5. Kuang-Ren Chung - *Elsinoë fawcettii* and *Elsinoë australis*: The fungal pathogens causing citrus scab. 2011
6. K. Gopal et.,al – Citrus Melanose (*Diaporthe citri*). International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, pp.113-124, 2014
7. Chingchai Chaisiri, Xiangyu Liu, Yang Lin, Chaoxi Luo – *Diaporthe citri*: A Fungal Pathogen Causing Melanose Disease. Plants 2022.
8. R.F.Reis, T.F. de Almeida, E.S. Stuchi A. de Goes - Susceptibility of citrus species to *Alternaria alternata*, the causal agent of the *Alternaria* brown spot. 2007
9. Taycir Grati Affes et.,al - Biological control of Citrus brown spot pathogen, “*Alternaria alternata*” by different essential oils. 2022
10. Stephen H. Futch and James H. Graham – Field Diagnosis and Management of phytophthora diseases, 2005
11. Akif Eskalen – Phytophthora Root Rot and Gummosis of Citrus, University of California, 2012
12. [https://en.wikipedia.org/wiki/Citrus\\_black\\_spot](https://en.wikipedia.org/wiki/Citrus_black_spot)
13. Megan M. Dewdney, Timothy S. Schubert, Mark R. Estes, and Natalia Peres - Florida Citrus Pest Management Guide: Citrus Black Spot, 2011
14. Tim R. Gottwald, James H. Graham – Citrus Canker, 2000.
15. Mongi Zekri, Robert E.Rouse – Citrus Problems in the Home Landscape, University of Florida, 2002
16. Helen Tsatsia and Grahame Jackson - Pacific Pests, Pathogens, Weeds and Pesticides – Online Edition. Citrus Canker, 2019.
17. U.Kersting et.,al – Citrus Chlorotic Dwarf, a new whitefly – Transmitted Disease in the Eastern Mediterranean region of Turkey, 1996.
18. <https://plantix.net/en/library/plant-diseases/200032/citrus-chlorotic-dwarf-virus>
19. [https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant\\_quarantine/alert\\_list\\_viruses/citrus\\_yellow\\_vein\\_clearing\\_virus](https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_quarantine/alert_list_viruses/citrus_yellow_vein_clearing_virus)

20. [https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Belgeler/DB\\_Bitki\\_Sagligi/Survey/10-Turuncgil\\_sari\\_damar\\_acilmasi\\_virusu\\_Survey\\_Talimati\\_2017.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Belgeler/DB_Bitki_Sagligi/Survey/10-Turuncgil_sari_damar_acilmasi_virusu_Survey_Talimati_2017.pdf)
21. Alda Alejandra Arratia-Castro et.,al – Occurrence of 'Candidatus Phytoplasma asteris' in citrus showing Huanglongbing symptoms in Mexico, p.144-151, 2014
22. R.E.Schwarz, J.M.Bove – Huanglongbing. IBVM, Laboratoire de Biologie Cellulaire and Moleculaire, I.N.R.A/Universite Victor Segalen Bordeaux, 2008
23. John Begeman, Glenn Wright - Diagnosing Home Citrus Problems/ The University of Arizona, April 2009.
24. K. R. Chung, I. A. Khan, and R. H. Brlansky - Citrus diseases exotic to Florida: Witches' Broom Disease of Lime (WBDL), 2006

#### РЕЗЮМЕ

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИМПТОМОВ И ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МИКОЛОГИЧЕСКИХ, БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКИХ, ВИРУСНЫХ И ФИТОПЛАЗМЕННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЦИТРУСОВЫХ РАСТЕНИЙ

*Гарибова С.Р.*

**Ключевые слова:** *цитрусовые, болезни цитрусовых, микологические заболевания, вирусные заболевания, бактериальные заболевания, фитоплазменные болезни*

В последнее время болезни цитрусовых растений, которые широко изучаются во многих ведущих научно-исследовательских центрах мира, наносят большой ущерб цитрусовой отрасли. Цель статьи - изучение наиболее распространенных болезней цитрусовых растений в нашей стране и мире, определение их симптомов и методов борьбы с ними. Поскольку вышеупомянутые болезни цитрусовых не могут быть предотвращены после их распространения, важно знать районы распространения насекомых-переносчиков, цикл их развития и своевременно предотвращать возникновение болезней путем применения фунгицидов и инсектицидов.

#### SUMMARY

#### DETERMINATION SYMPTOMS AND GENERAL CHARACTERISTICS OF MYCOLOGICAL, BACTERIOLOGICAL, VIROLOGICAL AND PHYTOPLASM DISEASES IN CITRUS PLANTS

*Garibova S.R.*

**Key words:** *citrus, citrus diseases, mycological diseases, viral diseases, bacterial diseases, phytoplasma diseases.*

Lately, the diseases of citrus plants, which have been widely studied in many leading scientific research centers of the world, cause great damage to the citrus industry. The purpose of the article is to study the most common diseases of citrus plants in the world and our country, determining their symptoms and methods of combating them. The aforementioned citrus diseases cannot be prevented after they have spread, it is important to know the area where insect vectors spread, their development cycle, and to prevent the occurrence of diseases by using fungicides and insecticides in time.

|                   |               |            |
|-------------------|---------------|------------|
| Daxilolma tarixi: | İlkin variant | 04.04.2023 |
|                   | Son variant   | 10.07.2023 |

УДК 681.5.017

DOI 10.54758/16801245\_2023\_23\_3\_75

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РРБ

<sup>1</sup>АЛЕКПЕРЛИ ФАЗИЛ АЗИН оглу [ORCID](#)<sup>2</sup>ГУЛИЕВА НЮБАР АЛИМУРАД ГЫЗЫ [ORCID](#)

Сумгаитский государственный университет, Азербайджан, 1-профессор, 2- ст. лаборант  
[n.quliyeva@mail.ru](mailto:n.quliyeva@mail.ru)

**Ключевые слова:** реакторно-регенераторный блок, устойчивость, характеристический многочлен, передаточная функция, система автоматического управления, необходимое и достаточное условия устойчивости

**Введение.** Реакторно-регенераторный блок (РРБ) является основным технологическим узлом процессов химической технологии, проводимых в присутствии пылевидных катализаторов. Сюда относится также и процессы дегидрирования различных фракций углеводородов. Большее распространение получил процесс дегидрирования изобутана в изобутилен с применением алюмосиликатных катализаторов. В [1] приведена математическая модель, тепловой динамики реакторно-регенераторного блока, на основе которого разработан метод косвенного измерения физически не измеримых координат этой системы. Данное решение может послужить решению не менее важной проблемы, автоматического регулирования наиболее важных переменных этого узла. Этими координатами являются:

- температура в реакторе;
- температура в регенераторе;
- степень закоксованности катализатора на выходе реактора;
- степень остаточного кокса на катализаторе на выходе регенератора.

РРБ представляет собой сложный объект управления из-за:

- наличия единственного управляющего потока – скорость циркулирующего катализатора для регулирования вышеуказанных координат;
- отсутствия технических средств измерения степеней закоксованности катализатора на выходах реактора и регенератора в реальном масштабе времени.

Наличие единственного управляющего потока позволяет регулировать только один из четырех переменных. При этом система регулирования должна обеспечивать стабилизацию других переменных в допустимых пределах. В качестве регулируемых переменных в основном используют температуру в реакторе или степень закоксованности катализатора на выходе реактора. Здесь в качестве регулируемого параметра выбрана степень закоксованности катализатора на выходе реактора.

**Структурная схема системы автоматического регулирования.** С учетом вышесказанного характера РРБ структурную схему системы автоматического регулирования можно представить как на рис.1.

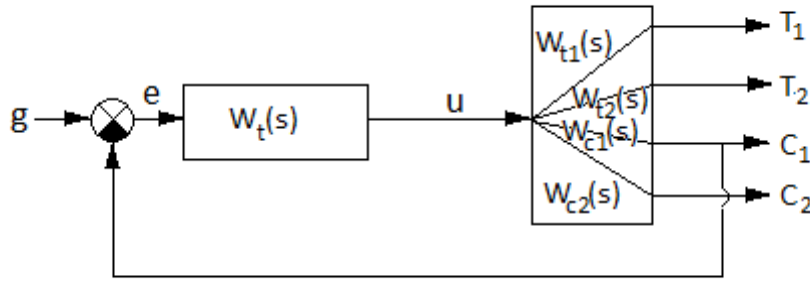


Рис.1

На рисунке:  $g$  – задание на регулятор;  $e$ -рассогласование;  $u$ -регулирующее воздействие;  $T_1$ - температура в реакторе;  $T_2$ - температура в регенераторе;  $C_1$ - степень закоксованности катализатора на выходе реактора;  $C_2$ - степень остаточной закоксованности на выходе регенератора;  $W_t(s)$ - передаточная функция регулятора;  $W_{t1}(s), W_{t2}(s), W_{c1}(s), W_{c2}(s)$ - передаточные функции объекта соответственно по каналам “ $u - T_1$ ”, “ $u - T_2$ ”, “ $u - C_1$ ”, “ $u - C_2$ ”.

Определим передаточные функции по каналам:

- задание – степень закоксованности катализатора на выходе реактора

$$W_{gc1}(s) = \frac{W_t(s)W_{c1}(s)}{1+W_t(s)W_{c1}(s)};$$

- задание – степень остаточной закоксованности катализатора на выходе регенератора

$$W_{gc2}(s) = \frac{W_t(s)W_{c2}(s)}{1+W_t(s)W_{c1}(s)};$$

- задание – температура в реакторе

$$W_{gt1}(s) = \frac{W_t(s)W_{t1}(s)}{1+W_t(s)W_{c1}(s)};$$

- задание – температура в регенераторе

$$W_{gt2}(s) = \frac{W_t(s)W_{t2}(s)}{1+W_t(s)W_{c1}(s)}.$$

**Устойчивость САР по заданию с отрицательным коэффициентом усиления объекта .** Рассмотрим классический замкнутый контур регулирования с ПИ регулятором и объектом с отрицательным коэффициентом усиления (Рис.2). Передаточные функции ПИ регулятора и объекта имеют вид:

$$W_t(s) = \frac{K_p s + K_i}{s}, \quad W_o(s) = \frac{-K_o}{T_o s + 1}, \quad K_i = \frac{1}{T_i}$$

Где:  $K_p$  – коэффициент пропорциональности регулятора,  $T_i$  – время интегрирования регулятора,  $-K_o$  – коэффициент усиления объекта,  $T_o$  – постоянная времени объекта.

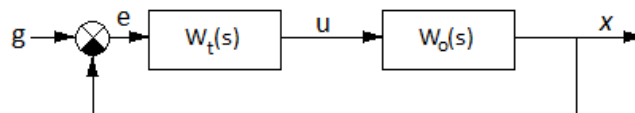


Рис.2

Передаточная функция системы регулирования получается

$$W_c(s) = -\frac{K_p K_o s + K_i K_o}{T_o s^2 + (1 - K_p K_o)s - K_i K_o}.$$

Видно, что как минимум свободный член характеристического многочлена системы получается отрицательным, следовательно, система регулирования является неустойчивой [2].

С помощью специальных программ на основе кинетических моделей получены передаточные функции по каналам [1]:

- «скорость катализатора – степень закоксованности на выходе реактора»;

$$W_{c1}(s) = (-0.0048)/(129s + 1)$$

- «скорость катализатора – степень остаточной закоксованности на выходе регенератора»;

$$W_{c2}(s) = \frac{0.061}{126s+1}$$

- «скорость катализатора – температура реактора»;

$$W_{t1}(s) = \frac{0.5}{89s+1}$$

- «скорость катализатора – температура регенератора»

$$W_{t2}(s) = \frac{0.541}{125s+1}$$

Как видно, коэффициент усиления объекта по каналу «скорость катализатора – степень закоксованности на выходе реактора» отрицательный, т.е. повышение скорости катализатора вызывает уменьшение степени закоксованности на выходе реактора, так как при этом время пребывания катализатора в реакционной зоне сокращается. При значениях  $K_p=200$ ,  $T_i=10$  сек. с учетом (6) в (5) получается

$$W_{gc1}(s) = -\frac{0.96+0.00048s}{129s^2+0.04s-0.00048},$$

т.е. действительно рассмотренный контур регулирования неустойчив. Это вызывает неустойчивость и других параметров, поскольку характеристические многочлены передаточных функций этих каналов также имеют отрицательные коэффициенты:

$$W_{gc2}(s) = \frac{1574s^2 + 12.99s + 0.0061}{16254s^3 + 134s^2 - 0.02048s - 0.00048};$$

$$W_{gt1}(s) = \frac{12900s^2 + 106.5s + 0.05}{11481s^3 + 132.6s^2 - 0.00272s - 0.00048};$$

$$W_{gt2}(s) = \frac{13960s^2 + 115.2s + 0.0541}{16125s^3 + 134s^2 - 0.02s - 0.00048}.$$

При таких случаях для обеспечения устойчивости контура регулирования достаточно выполнять один из следующих изменений в структурной схеме (на производстве это обеспечивается выбором соответствующего исполнительного органа):

- поменять местами подачи задания и текущего значения регулируемого параметра;
- поменять знак рассогласования или регулирующего воздействия.

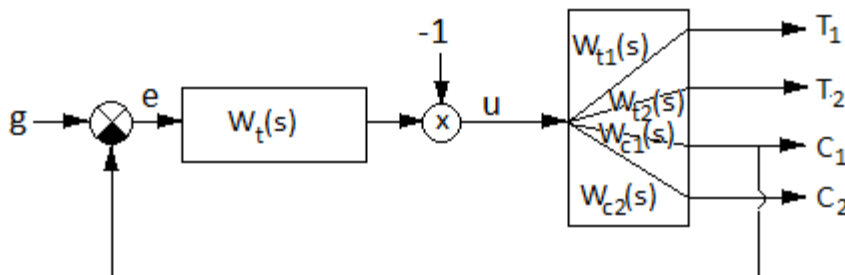


Рис.3

После этого изменения структурной схемы получают следующие передаточные функции контура регулирования степени закоксованности катализатора на выходе реактора и контуров стабилизации других параметров:

$$W_{gc1}(s) = \frac{0.96s+0.00048}{129s^2+1.96s+0.00048};$$

$$W_{gc2}(s) = \frac{1574s^2+12.99s+0.0061}{16254s^3+376s^2+2.02s+0.00048};$$

$$W_{gt1}(s) = \frac{12900s^2+106.5s+0.05}{11481s^3+303.4s^2+2.003s+0.00048};$$

$$W_{gt2}(s) = \frac{13960s^2+115.2s+0.0541}{16125s^3+374s^2+2.02s+0.00048}.$$

Как видно из этих выражений выполняются необходимые и достаточные условия устойчивости контура регулирования степени закоксованности катализатора на выходе реактора (все коэффициенты характеристического многочлена положительные) и контуров стабилизации других параметров (все коэффициенты характеристического многочлена положительные и произведение средних коэффициентов больше произведения крайних) [2].

Для простоты изложения в дальнейшем не учтем отрицательный знак коэффициента усиления объекта и умножение на минус единицу.

#### Устойчивость САР по неконтролируемым возмущениям

Возмущения, в том числе неконтролируемые возмущения могут приложены в любом месте системы регулирования. Рассмотрим варианты, когда возмущение поступает на выход регулятора (Рис.4) и на выход какого либо стабилизируемого параметра (Рис.5). На рисунках  $f$  – неконтролируемое возмущение..

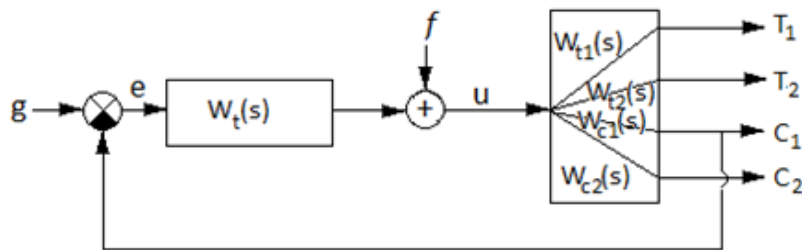


Рис.4

Составим уравнение динамики регулируемого параметра, т.е. степени закоксованности катализатора на выходе реактора будет

$$C_1(s) = \frac{W_t(s)W_{c1}(s)}{1-W_t(s)W_{c1}(s)} G(s) + \frac{W_{c1}(s)}{1-W_t(s)W_{c1}(s)} F(s),$$

и других параметров

$$C_2(s) = \frac{W_t(s)W_{c2}(s)}{1+W_t(s)W_{c1}(s)} G(s) + \frac{W_{c2}(s)}{1+W_t(s)W_{c1}(s)} F(s),$$

$$T_1(s) = \frac{W_t(s)W_{t1}(s)}{1+W_t(s)W_{c1}(s)} G(s) + \frac{W_{t1}(s)}{1+W_t(s)W_{c1}(s)} F(s),$$

$$T_2(s) = \frac{W_t(s)W_{t2}(s)}{1+W_t(s)W_{c1}(s)} G(s) + \frac{W_{t2}(s)}{1+W_t(s)W_{c1}(s)} F(s).$$

С учетом численных значений получим

$$C_1(s) = \frac{0.96s+0.00048}{129s^2+1.96s+0.00048} G(s) + \frac{0.0048s}{129s^2+1.96s+0.00048} F(s);$$

$$C_2(s) = \frac{0.05856s+0.0000029}{16254s^3+376s^2+2.02s+0.00048} G(s) + \frac{0.061}{16254s^3+376s^2+2.02s+0.00048} F(s);$$

$$T_1(s) = \frac{0.48s+0.00024}{11481s^3+303.4s^2+2.003s+0.00048} G(s) + \frac{0.5}{11481s^3+303.4s^2+2.003s+0.00048} F(s);$$

$$T_2(s) = \frac{0.5194s+0.0002597}{16125s^3+374s^2+2.02s+0.00048} G(s) + \frac{0.335s^2+0.002597s}{16125s^3+374s^2+2.02s+0.00048} F(s).$$

И в этом случае выполняются необходимые и достаточные условия устойчивости контура регулирования степени закоксованности катализатора на выходе реактора (все коэффициенты характеристического многочлена положительные) и контуров стабилизации других параметров (все коэффициенты характеристического многочлена положительные и произведение средних коэффициентов больше произведения крайних). Не зависимо от вида возмущения стабилизация всех параметров обеспечивается, так как возмущения по обратной связи проходят через регулятор.

Теперь рассмотрим вариант, когда возмущение прилагается на выход стабилизируемого параметра, например на температуру, в реакторе (Рис.5).

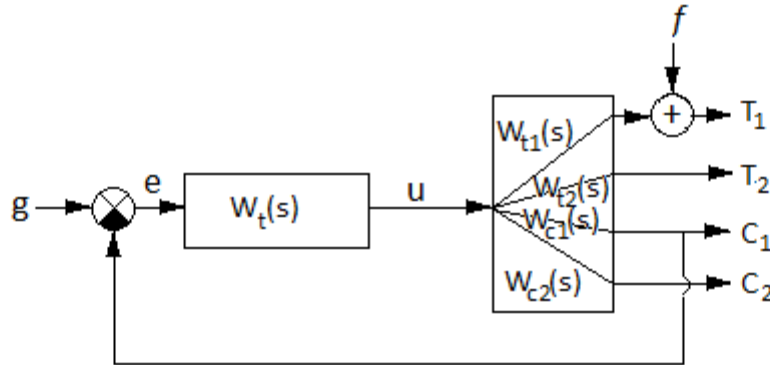


Рис.5

Уравнение динамики этого выхода будет

$$T_1(s) = \frac{W_t(s)W_{t1}(s)}{1+W_t(s)W_{c1}(s)} G(s) + F(s),$$

с учетом численных значений

$$T_1(s) = \frac{0.48s+0.00024}{11481s^3+303.4s^2+2.003s+0.00048} G(s) + F(s).$$

Как видно, в этом случае стабилизация температуры в реакторе по заданию ( $g$ ) обеспечивается, а по возмущению не гарантируется, так как возмущение не проходит через регулятор. Результат зависит от вида и абсолютного значения возмущения.

---

**Вывод.** Анализируется устойчивость регулируемого параметра и стабилизируемых параметров реакторно-регенераторного блока при различных вариантах приложения возмущения и способ обеспечения устойчивости при отрицательном коэффициенте усиления канала объекта по управлению регулируемого параметра.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Нагиев Г. А., Гулиева Н. А., Косвенная оценка переменных состояния реакционно-регенерационных систем на основе компьютерной симуляции //Измерительная техника № 8, 2021,41-49.
2. Теория автоматического управления Уч.для вузов/Ч.1// Н.А.Бабаков, А.А Воронов и др.; Под ред. А.А.Воронова. -2-е изд.- М.:Высш.шк., 1986.-367с.

#### XÜLASƏ

##### RRB AVTOMATİK TƏNZİMLƏMƏ SİSTEMİNİN DAYANIQLIĞININ TƏDQIQI

*Ələkbərli F.H., Quliyeva N. Ə.*

**Açar sözlər:** *reaktor-regenerator bloku, dayanıqlıq, xarakterik polinom, ötürmə funksiyası, avtomatik idarəetmə sistemi, dayanıqlığın zəruri və kafi şərtləri*

Məqalədə reaktor-regenerator blokunun avtomatik tənzimləmə sisteminin tədqiqinə baxılır. Göstərilir ki, idarəetmə obyektinin tənzimləmə kanalının gücləndirmə əmsalı mənfi işarəli olduqda klassik qaydalarla hesabatda tənzimləmə dövrəsi dayanıqsız alınır və digər parametrlərin sabitləşməsinə mane olur. Tənzimləmə dövrəsinin dayanıqlığını təmin etmək qaydaları verilir.

#### SUMMARY

##### SYSTEM STABILITY STUDY AUTOMATIC RRB REGULATION

*Alekperli F.A., Guliyeva N. A.*

**Keywords:** *reactor-regenerator unit, stability, characteristic polynomial, transfer function, automatic control system, necessary and sufficient conditions for stability*

The article examines the study of the automatic regulation system of the reactor-regenerator unit. It is shown that when the amplification coefficient of the control channel of the control object has a negative sign, the control loop in the report with classical bagpipes is unstable and prevents the stabilization of other parameters. Rules for ensuring the stability of the regulation circuit are given.

|                   |               |            |
|-------------------|---------------|------------|
| Daxilolma tarixi: | İlkin variant | 17.04.2023 |
|                   | Son variant   | 04.06.2023 |

## MAŞINQAYIRMA DETALLARININ ÇOXAGENTLİ AVTOMATLAŞDIRILMIŞ LAYİHƏLƏNDİRMƏ SİSTEMİNİN CASE TEXNOLOGİYAYA ƏSASLANMAQLA TƏŞKİLİ

<sup>1</sup>HÜSEYNOV AQİL HƏMİD oğlu [ORCID](#)

<sup>2</sup>SƏLİMOVA MEHRİBAN RƏŞİD qızı [ORCID](#)

<sup>3</sup>CAVADOVA SEVİNC RƏHMƏTULLA qızı [ORCID](#)

*Sumqayıt Dövlət Universiteti, Azərbaycan, 1 – professor, 2, 3- assistent*  
[aqil.55@mail.ru](mailto:aqil.55@mail.ru)

*Açar sözlər:* CASE texnologiya, metamodel, ierarxik səviyyə, ekspert, biliklər bazası, çoxagentli texnologiya, avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemi.

Müasir problem təyinatlı intellektual sistemlərin qurulmasını uyğun CASE texnologiyasız düşünmək mümkün deyildir. Geniş mənada CASE texnologiya analizinin metodologiyasını, layihələndirməni, proqram təminatının işlənməsi və müşaiyəti, kompleks avtomatlaşdırma vəsaitlərinin toplusunu özündə ifadə edir. Qeyd olunan CASE –texnologiya sistem haqqında elm, münasibətləri öyrənən, sistemin elementlərini əlaqələndirən, bütün sistem üçün vacib olan münasibətlərin xassələrindən ibarət sistemdir ki, yuxarıda sadalananlar onun metodoloji əsasını təşkil edir [1,2].

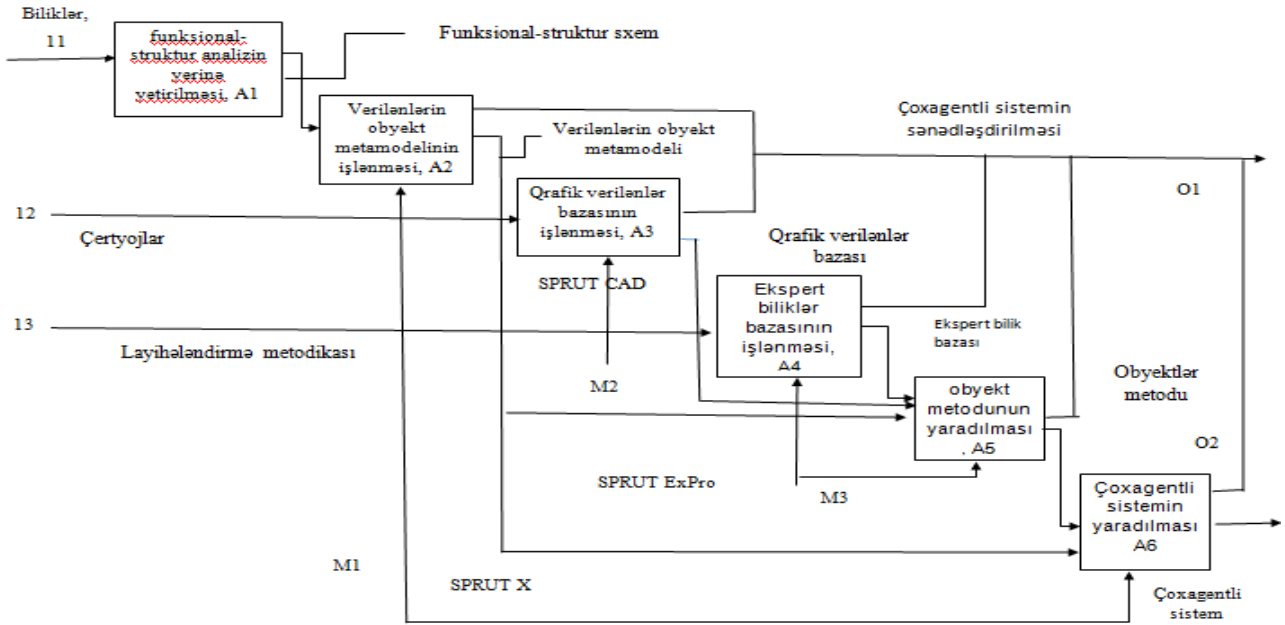
Əksər CASE –vəsaitlər metodologiyaların, üsulların, vəsaitlərin paradiqmasına əsaslanır. Metodologiya iş addımlarını və onların ardıcılığını, həmçinin üsulların paylanması və təyinatı qaydalarını təyin edir. Üsul proqram təminatının komponentlərinin generasiyasını sistemləşdirən prosedurdur. Vəsait- qəbul edilmiş notasiyaların istifadəsi üçün üsulları dəstəkləyən alətlərdir. Bu alətlər interaktiv rejimdə qrafik layihələrin təşkili və redaktəsini istifadəçi ilə zamanı dəstəkləyir, abstraksiya səviyyəsinin ierarxiyalar şəklində təşkilinə imkan yaradır, proqram təminatının generasiyasını yerinə yetirir və onun testləşdirilməsində istifadə olunur [3]. Qeyd etmək lazımdır ki, sistemləşdirmədə sistemin ierarxik təsnifatlaşdırılmasının əsası biliklərin ierarxik səviyyələrindən ibarətdir ki, ən aşağı səviyyə hesab olunan ierarxiyada layihələndirilən sistemin xassələri (dəyişənləri) arasındakı xarakteristikalara və qarşılıqlı əlaqələrə baxılır.

Daha sonra giriş sisteminə verilənlər əlavə edilir ki, buna da sonrakı səviyyədə baxılır və bu səviyyə verilənlər sistemi adlanır. Verilənlərin məsələlərindən asılı olaraq layihələndirmə məsələsinin tələb olunan vəziyyətinin alınması mümkün ola bilər. Yuxarı səviyyələr ilkin və sərhəd şərtlərinə uyğun verilənlərin generasiyasını yerinə yetirən dəyişənlərin münasibətlərini təyin edən bilikləri özündə cəmləyir.

Avtomatlaşdırılmış layihələndirmə məsələlərinə tətbiq edilən sonrakı səviyyə məmulatın quruluşunu və xassələrini və texnoloji prosesi təyin edən dəyişənlərin qiymətlərini generasiya edən biliklər bazasının səviyyələrini özündə cəmləyir, necə ki, xassələrin generasiyası məsələləri prosesin reallaşmasından ibarətdir. Hansı ki, əsas dəyişənlərin vəziyyəti müxtəlif başlanğıc və sərhəd şərtlərinə görə təyin olunan parametrlər çoxluğundan yaranır. Bu səviyyə sistemi yeni yaranmış sistem səviyyəsi adlanır. Sonrakı səviyyədə yaranmış sistem özündən əvvəlki sistemlərdən təyin olunur və bir sıra ümumi dəyişənlərə və ya onların birləşməsinə malik olmaqla ümumi sistemin alt sistemi adlanır. Bu səviyyədəki sistemlər quruluşlu sistem də adlanır.

Dördüncü və yuxarı səviyyədəki sistemlər aşağı səviyyəli sistemlərin toplusundan ibarətdir. Eyni zamanda aşağı səviyyənin sistemlərinin metaxarakteristikalarını özündə cəmləyir (qaydalar, münasibətlər, prosedurlar).

Geniş mənada texnologiya yerinə yetirilən işləri özündə cəmləyən zəruri nəticələrin alınmasına və uyğun vəsaitlərin köməyi ilə reallaşmasına istiqamətlənir [4]. Hər bir addımın yerinə yetirilməsi üçün bir və ya bir neçə üsul tətbiq edilir ki, onlar da nəticələrin təsviri üçün istifadə olunurlar. Şəkildə tətbiqi çoxagentli sistemin metodiki proqram kompleksinin generasiyasına istiqamətlənmiş görülən işlər ardıcılığının təsvirinin funksional sxemi təqdim edilmişdir.



əsaslanan generasiyasından ibarətdir. Generasiya iyerarxik sistemin klassik qaydalarla təsvirindən istifadə edilməklə interaktiv rejimdə yerinə yetirilir.

Metamodellərin qurulması zamanı elementlər kimi obyektlərin sinifləri istifadə olunur. “Tam-hissə” münasibətinə görə obyektlərin iyerarxiyası qovşaq və detallarla təsvir olunan məmulatların konstruksiyaya daxil olması ilə təyin edilir. “Tam-hissə” münasibəti və tipli obyektlər arasındakı əlaqəni təyin edir. Əgər “qrup” parametrinin qiyməti 0-dan fərqlidirsə, onda obyektlərin sinifləri arasındakı əlaqə VƏ YA tiplidir.

Verilənlərin obyekt modelinin iyerarxik quruluşu işləndikdən sonra, hissələr və onlara paralel olaraq obyektlərin xassələri və onların qarşılıqlı əlaqələrinin formalaşdırılması yerinə yetirilir. Tədqiq olunan sinifdən olan məhsul istehsalının bütün konstruksiya texnoloji və idarəetmə məsələlərinin həlli üçün xassələr toplusunun olması zəruri və kafidir. Bu xassələr sırasına işarələmələr, kütlə, detalın materialının markası, təmizlik sinfi, konstruktiv elementlərin növlərin onların hazırlanması üçün dəqiqliyi göstərən ölçülər və s. daxildir. Xassələr obyektlərin iyerarxiyasından alınır. Obyektin iyerarxiyaya tabe olmayan bir sıra digər xassələrinə də baxıla bilər. Bu hal müxtəlif qovşaqlara aid detalların ölçülərinin uyğunlaşdırılması üçün zəruridir. Nəticədə obyektin iyerarxik qrafından xassələrin əlaqə qrafı generasiya olunur.

Qeyd edək ki, hər bir xassə növ və statusa malikdir. Üç növ xassədən geniş istifadə olunur: həqiqi ədəd (real), tam ədəd (integer) və sətir tipli (string) dəyişən. Öz statusuna görə xassə daxili (interval), ixrac olunan (export) və idxal olunan (input) ola bilər.

Verilənlərin qurulan metamodelləri obyekt siniflərinin interfeys hissəyə bütün daxil olanlarını təyin edir. Buna görə interfeys hissə layihələndirmə prosesində vəziyyəti qeyd etməyə imkan verir. Hansı ki, hər bir obyekt onun üsulu ilə təyin olunan davranışa malikdir. Üsul biliklər bazasının əsasında qurulur ki, onlar da yeni yaranan sistemin siniflərinə aiddir. Yeni yaranan sistem biliyin iki alt səviyyəli iyerarxiyasına bölünür: riyazi və ekspert. Riyazi biliyə həndəsi biliklər aiddir.

Formalaşdırılan çertyojların həndəsi və qrafik bazalarının işlənməsi üçün alət vasitələri Sprut CAD sistemindən ibarətdir. Layihələndirmə sisteminin konstruktorlarının və tədqiqatçıların əməyinin avtomatlaşdırılması üçün bu sistem açıq konstruktor mühiti hesab olunur. Sprut CAD sistemində parametrləşdirmənin xarakterik xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, bütün həndəsi obyektlər ikili təsvirə malikdirlər: qrafik və mətn. İstifadəçinin iyerarxik təsiri nəticəsində qrafik pəncərədə Sprut dilində proqramın mətni avtomatik generasiya olunur. Sistem hər bir elementin qrafik və mətn şəklində təsvirləri arasındakı sinxronlaşmanı təmin edir.

Elementin interaktiv dəyişdirilməsi onun mətn şəklində təsvirinin tənzimlənməsinə gətirib çıxarır və əksinə istənilən elementin mətn şəklində təsvirin redaktəsi avtomatik olaraq çertyojda əks olunur. Ona görə, bütün hallarda sistem ancaq redaktə olunan çertyoj elementini deyil, qrafa əsasən təyin olunmuş bütün elementlərinin dəyişikliklərinin avtomatik qurulmasını təmin edir.

Ekspert bilik bazasının işlənməsi alət vasitəsi kimi SprutExPro sistemi istifadə olunur. Bu sistem ekspert proqramlaşdırmasını yerinə yetirməyə imkan yaradır və proqramçı olmayan mütəxəssisə intellektual-konstruktor-texnoloji layihələndirmə sistemi yaradır ki, bu zaman məhsuldarlıq peşəkar mütəxəssisə nisbətən 7...10 dəfə artır. Ekspert proqramlaşdırması biliyin funksional blok formada təsvirinə əsaslanır və onu obyekt-funksiya adlandırmaq olar. Qrafik olaraq belə obyekt-funksiyanı düzbucaqlı formasında təsvir etmək olar ki, onun dörd tərəfinin hər birinin öz təyinatı var: sol – giriş, sağ – çıxış, yuxarı – idarəetmə, aşağı – mexanizm.

Nəzəri qəbul edilmiş sxemi elə formada təsvir etmək lazımdır ki, biliyin kompüterə daxil edilməsi istifadəçi üçün rahat olsun. Bunun üçün nisbətən sadə forma cədvəl formasıdır ki, burada parametrin adı, onun identifikatoru, məhdudiyyətlər, reallaşdırılması zəruri olan modulun funksiyası verilir. Qeyd edək ki, bilik modulu şərti məhdudiyyətləri özündə cəmləyir [6,7].

Şərtlər giriş və idarəedici parametrləri və modulun reallaşdırdığı funksiyanın təyin oblastını təyin edir.

Hər hansı bir tətbiqi oblastın strukturlaşdırılmamış bilik metodları süni intellektin produksiya sistemli bilik bazasına analoji olaraq bu oblastın bilik bazasını özündə ifadə edir ki, bunlar da ekspert sistemində istifadə olunur. Bilik modulu mexanizmi bilik bazasının təşkili zamanı tələb oluna bilən bütün funksiyaların reallaşdırılmasını təmin etməlidir. Belə funksiyaların sırasına əsasən aşağıdakılar daxildir: düsturlara əsasən hesablamalar; eyni zamanda dəyişənlərin qiymətlərin mənimlədilməsi; cədvəllərə görə qiymətlərin təyini; verilənlər bazası ilə iş; altproqramlardan istifadə olunmaqla qiymətlərin hesablanması; bilik modullarının generasiyasından alınan üsulların köməyi ilə qiymətlərin hesablanması; giriş və çıxış verilənləri; verilənlər bazasında saxlanılan, mövcud sistemin istifadə olunan modullarının köməyi ilə qiymətlərin hesablanması.

Obyekt metamodelinin təşkilinin sonrakı əməliyyatı üsulun obyektə əlaqələndirilməsindən (qoşulmasından) ibarətdir ki, Sprut X-in köməyi ilə yerinə yetirilir. Əlaqələndirmə prosesində üsulun giriş və çıxış dəyişənləri öz obyektinə əlaqələndirilir. Metodların köməyi ilə aşağıdakılar reallaşır: zəruri mühəndis hesablatlarının yerinə yetirilməsi; standart və alınmış kompleksləşdirici məhsulların seçilməsi; zəruri halda 3D modellərin və çertyojların generasiyası; yığım vahidlərinin və detalların hazırlanması texnoloji prosesinin layihələndirilməsi [7].

Çoxagentli ALS-in təşkilinin CASE-texnologiyasının sonuncu əməliyyatı sistemin tətbiqi interfeysinin generasiyasından ibarətdir. Bu generasiya məhsulun obyekt metamodelinin işlənməsinə əsaslanmaqla yarım avtomatik rejimdə yerinə yetirilir. İnterfeys imitasiyalıdır və minimum miqdarda idarəetmə vəsaitlərindən ibarətdir. Təşkil olunan tətbiqi sistem digər layihələndirmə texnologiyalarından məhsuldarlığı nöqtəyi-nəzərdən fərqlənir və tam avtomatik rejimdə işləyə bilər.

Nümunə kimi qeyd etmək olar ki, məlumatları verilənlər bazasında saxlanılan modulun xarici təsviri aşağıdakı şəkildə verilir:

Modul: M1.

Layihəçi: Səlimova M.R.

Ad: Oxun diametrinin hesablanması.

Məlumat mənbəyi: Anurev V.İ. Spravoçnik konstruktora, T2, c.9.

Əgər bu bilik moduluna produksiya qaydası kimi baxılsa, onda o sonrakı ifadə ilə ekvivalentdir: “əgər oxun en kəsiyi bütövdürsə və əyici moment ( $\Theta M$ ) 0-dan böyük və 95000 Hmm-dən kiçikdirsə və əyilmədə buraxıla bilən gərginlik ( $\Theta BG$ )  $0.6 \text{ Mpa} < \Theta BG \leq 0.95 \text{ Mpa}$ -şərtini

ödəyirsə, onda oxun diametri  $d_0 = \sqrt[3]{\frac{\Theta M}{0.1 \Theta BG}}$  – düsturu ilə hesablanır.

Ekspert bilik bazasının modulları işlədikdən sonra bu modulları istifadə edən üsulların generasiyası yerinə yetirilir. Qeyd edək ki, SprutExPro-da üsulların generasiyası avtomatik yerinə yetirilir. Məsələnin həlli üçün zəruri olan modulun seçilməsi kifayətdir. Sistem özü zəruri giriş verilənləri toplusunu müəyyənləşdirir və üsulun proqramını generasiya edir. Çıxış parametrlər çoxluğunu ekspert generasiya olunan üsuldən təyin olunan dəyişənlərdən seçilir.

Obyekt metamodelinin təşkilinin sonrakı əməliyyatı üsulun obyektə əlaqələndirilməsindən (qoşulmasından) ibarətdir ki, Sprut X-in köməyi ilə yerinə yetirilir. Əlaqələndirmə prosesində üsulun giriş və çıxış dəyişənləri öz obyektinə əlaqələndirilir. Metodların köməyi ilə aşağıdakılar reallaşır: zəruri mühəndis hesablatlarının yerinə yetirilməsi; standart və alınmış kompleksləşdirici məhsulların seçilməsi; zəruri halda 3D modellərin və çertyojların generasiyası; yığım vahidlərinin və detalların hazırlanması texnoloji prosesinin layihələndirilməsi.

Çoxagentli ALS-in təşkilinin CASE texnologiyasının sonuncu əməliyyatı sistemin tətbiqi interfeysinin generasiyasından ibarətdir. Bu generasiya məhsulun obyekt metamodelinin işlənməsinə əsaslanmaqla yarımavtomat rejimdə yerinə yetirilir. İnterfeys imitasiyalıdır və minimum miqdarda idarəetmə vəsaitlərindən ibarətdir. Təşkil olunan tətbiqi sistem digər layihələndirmə texnologiyasından məhsuldarlığı nöqtəyi-nəzərdən fərqlənir və tam avtomatik rejimdə işləyə bilər.

**Nəticə** olaraq qeyd etmək olar ki, süni intellektin klassik nəzəriyyəsi bir intellektual sistemin layihə məsələlərinin həllinə əsaslanmaqla məsələlərin həlli üçün bütün zəruri bilikləri və informasiya proqram ehtiyatlarını özündə cəmləyir. Avtomatlaşdırılmış layihələndirmə problemlərinin həllinə süni intellektin vəsaitlərinin belə tətbiqi nisbətən sadə obyektlərin işlənməsində istifadə oluna bilər [8]. Mürəkkəb quruluşlu məhsulların və obyektlərin layihələndirilməsi çox sayda mütəxəssislər tərəfindən yerinə yetirilir ki, onların da hər biri maşınqayırma məmulatlarının müəyyən sinfinin qovşaqlarının, yəni ayrı-ayrı komponentlərin işlənməsinə cavabdeh olurlar. Belə təşkilati sxem süni intellekt elementi kimi çoxagentli texnologiyanın avtomatlaşdırılmış layihələndirmə prosesinə tətbiqini zəruri edir. Belə yanaşma çoxagentli avtomatlaşdırılmış layihələndirmə konsepsiyasını aktuallaşdırır.

### ƏDƏBİYYAT

1. Тарасов, В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философии, психология, информатика / В.Б.Тарасов. –М.:Эдиториал УРСС, – 2002. – 352 с.
2. Hüseynov, A. H. O. Avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemlərinin paylanmış heterogen verilənlər bazalarına əsaslanan biliklər bazasının təşkili üçün multiagent sistemin işlənməsi / A. H. O. Hüseynov, M. R. Q. Səlimova // Elmi xəbərlər. Təbiət və texniki elmlər bölməsi. – 2022. – Vol. 22, №. 3. – P. 60-65. – DOI 10.54758/16801245\_2022\_22\_3\_60. – EDN NOJWBO. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50023139>
3. Huseynov A.H. Agent technology at computing option of flexible manufacture system element and composed structure. Advanced Mathematical Models and Applications, volume 1, №1, 2016, p.20-27.
4. Səlimova, M. R. Q. Unifikasiyalı modelləşdirmə dilinin tətbiqi ilə multiagent sistemlərin layihələndirilməsinin bəzi aspektləri / M. R. Q. Səlimova // Elmi xəbərlər. Təbiət və texniki elmlər bölməsi. – 2019. – Vol. 19, №. 4. – P. 86-93. – EDN ZNJKZD. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43167234>
5. Hüseynov, A. H. O. Mürəkkəb maşınqayırma elementlərinin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə prosesinə pattern sistemin tətbiqi / A. H. O. Hüseynov, N. H. O. Talibov, K. K. O. Eyyubov // Elmi xəbərlər. Təbiət və texniki elmlər bölməsi. – 2019. – Vol. 19, №. 4. – P. 68-71. – EDN BYDFNN. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43167231>
6. Гусейнов А.Г. Разработка методологической основы структурного моделирования ГПС с использованием базы знаний. Информационные технологии в проектировании и производстве. 2014.№2 (154). С. 63-68.
7. Гусейнов А.Г. Компьютерная технология проектирования нестандартных механических модулей с применением базы знаний. Вестник Воронежского государственного технического университета. 2012ю Т.8. №7-1. С. 38-42.
8. Гусейнов А.Г., Талыбов Н.Г., Гусейнова А.С., Эйюбов К.К. Разработка концептуальной модели технологического процесса определения веса трубы на поточной линии на ранних этапах проектирования // Нефтегазовое дело. 2021. Т.19, №5. С. 183-195. <https://doi.org/10.17122/ngdelo-2021-5-183-195>.

## РЕЗЮМЕ

### ОРГАНИЗАЦИЯ МНОГОАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ CASE ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ

*Гусейнов А.Г., Салимова М.Р., Джавадова С.Р.*

**Ключевые слова:** CASE-технология, метамодель, иерархический уровень, эксперт, база знаний, мультиагентная технология, автоматизированная система проектирования.

В работе отмечается, что в основе иерархической классификации при систематизации лежат иерархические уровни знаний. На самом нижнем уровне этой иерархии рассматриваются характеристики и взаимодействия между свойствами проектируемой системы. Содержание знаний на верхних уровнях системы отличается друг от друга. На верхнем уровне используются все знания ниже. Также в статье рассматривается функциональная схема CASE-технологии построения мультиагентной САПР, каждый этап, предусмотренный функциональной схемой, анализируется отдельно, определяются шаги, которые необходимо выполнить согласно требованиям технологии.

## SUMMARY

### ORGANIZATION OF A MULTI-AGENT SYSTEM OF AUTOMATED DESIGN BASED ON CASE TECHNOLOGY FOR MACHINE-BUILDING PARTS

*Huseynov A.H., Salimova M.R., Javadova S.R.*

**Keywords:** CASE-technology, meta-model, hierarchical level, expert, knowledge base, multi-agent technology, computer-aided design system.

The reviewed work notes that hierarchical classification is based on hierarchical levels of knowledge during systematization. At the lowest level of this hierarchy, the characteristics and interactions between the properties of the system being designed are considered. The content of knowledge at the upper levels of the system differs from each other. At the top level, all the knowledge below is used. The article also discusses the functional diagram of the CASE technology for building a multi-agent CAD, each stage provided for by the functional diagram is analyzed separately, and the steps that must be performed according to the requirements of the technology are determined.

|                   |               |            |
|-------------------|---------------|------------|
| Daxilolma tarixi: | İlkin variant | 27.05.2023 |
|                   | Son variant   | 20.07.2023 |

UOT 004.

DOI 10.54758/16801245\_2023\_23\_3\_87

## İNFORMASIYA TƏHLÜKƏSİZLİYİNDƏ SÜNİ İNTELLEKTİN İMKANLARI

**SƏMƏDOVA ZƏMİNƏ AĞAŞ qızı***Azərbaycan Dillər Universiteti, r.f.d., dosent*[zamina68@hotmail.com](mailto:zamina68@hotmail.com)

*Açar sözlər: sünİ intellekt, informasiya təhlükəsizliyi, informasiya mühafizəsi, informasiya təhlükəsizliyi texnologiyaları, kibertəhlükəsizlik*

Bəşər tarixinin bütün dövrlərində informasiya bu və ya digər şəkildə mövcud olmuş, müxtəlif vasitələrlə yayılmışdır. Lakin müasir dövrümüzdə dünyada informasiyadan bol heç nə yoxdur və onun yayılma arealı sərhəd, məkan tanımır. Əlbəttə, heç kəsə sirr deyil ki, bunun səbəbi kompüter texnikasının sürətli inkişafı, yeni-yeni texniki qurğuların, texnologiyaların yaranması və bu tendensiyanın günbəgün, saatbasaat dinamik şəkildə irəliləməsidir. Sözsüz ki, belə nəhəng informasiya okeanının mühafizəsi, kənar müdaxilələrdən qorunması asan məsələ deyil. Odur ki, ölkəmizdə də kibertəhlükəsizliyin təmin edilməsi üçün dövlət səviyyəsində ciddi addımlar atılır. Heç şübhəsiz ki, Azərbaycan Respublikasının Prezidenti İlham Əliyevin 28 avqust 2023-cü il tarixli Sərəncamı ilə “Azərbaycan Respublikasının informasiya təhlükəsizliyi və kibertəhlükəsizliyə dair 2023 – 2027-ci illər üçün Strategiyası”nı [2] təsdiq etməsi bu sahədə atılan ciddi addımlardandır.

Texnika və texnologiyaların yüksək sürətlə inkişaf etdiyi müasir dövrdə mövcud informasiyanın əldə edilməsinə icazəsi olmayan şəxslər arasında yayılması imkanları həddindən artıq müxtəlif, təsəvvüredilməz dərəcədə genişdir. Məsələn, adi bir printerin və ya çoxfunksiyalı qurğuların informasiya təhlükəsizliyinə təhdid yarada biləcəyi bəlkə də çoxumuza məlum deyil. Buna baxmayaraq, korporativ və internet şəbəkəsinə qoşulan belə qurğular hakerlərin maraq dairəsindədir. Çap qurğularının aparıcı istehsalçılarından olan Sharp kompaniyası 5500-dən çox Avropa ofislərində kiçik və orta bizneslə məşğul olan işçilər arasında onların printerlərin təhlükəsizlik məsələlərinə münasibətini, eləcə də belə qurğuların texnologiyalarla qorunması və təhlükəsiz istifadəçi davranışını öyrənmək məqsədilə sorğu aparmışdır. Məlum olmuşdur ki, ofis printerlərinə və çoxfunksiyalı qurğulara nəzarətsiz müdaxilə bu qurğuların təhlükəsizliyinə qəsdən və ya təsadüfən printer vasitəsilə müəssisə şəbəkəsinə zərərli proqramların yüklənməsindən tutmuş çap materiallarının oğurlanmasına qədər çox böyük risklər yaradır. Araşdırma zamanı 50-dən az işçisi olan firmalarda çalışan işçilərin 62%-i bildirmişlər ki, onların printerləri və çoxfunksiyalı qurğuları ilə hər kəs işləyə bilər. Bir qədər böyük – 150-250 sayda işçiləri olan müəssisələrdə bu göstərici bir qədər aşağı olmaqla 43% təşkil etmişdir.

21% respondentlər təsdiq etmişlər ki, onların iş yerində printerlər və çoxfunksiyalı qurğular üçün heç bir təhlükəsizlik qaydaları mövcud deyil. Hər dörd nəfərdən biri printerdə çap olunmuş ona aid olmayan konfidensial informasiyanı tapa bilər, 28% evdə – müəssisədən kənarda hazırladığı sənədi çap edir, 14% isə açıq şəbəkədən yüklənmiş potensial təhlükəli faylları çap edir.

Araşdırmanı aparan “etik haker” Yens Müller korporativ və internet şəbəkəsinə qoşulan printerlər və çoxfunksiyalı qurğuların informasiya təhlükəsizliyinə yarana biləcək təhlükələri minimuma endirmək məqsədilə çox sadə tövsiyələr də təklif edir:

– Çoxfunksiyalı qurğulara girişi parolla qorunmalı və susmaya görə quraşdırılmış parol dəyişdirilməlidir;

– Fəaliyyətin qeydiyyatı aparılmalı və insidentlər barədə e-poçt vasitəsi ilə xəbərdarlıq təşkil edilməlidir;

- IP (Internet Protocol) və MAC (Media Access Control) ünvanlar filtri aktivləşdirilməlidir;
- Ötürücü səviyyələrin (TLS/SSL) və ya bütün şəbəkə trafikinin (IPSec), quraşdırılmış bərk diskin, pdf faylların, e-poçtun şifrələnməsi təmin edilməlidir;
- Müntəzəm olaraq səlahiyyətli şəxslər yoxlanılmalı və yeni proqram təminatı quraşdırılmalıdır;
- Qonaqlara, kənar şəxslərə ofis avadanlıqlarından istifadə etməyə icazə verilməməli və portlara fiziki giriş əngəllənməlidir;
- İstifadə edilməyən istənilən lokal və şəbəkə çap xidməti qurğuları söndürülməlidir;
- Məxfi sənədlər Pin-koda və ya identifikasiya kartına görə çap edilməlidir;
- Köhnə texnika, xüsusilə yaddaş modulları və bərk disklər təhlükəsiz şəkildə atılmalıdır [5, s.34].

Göründüyü kimi, “etik haker” Yens Müller tövsiyələrində insan amili əsas yer tutur. *“İnformasiya təhlükəsizliyi problemlərini araşdıran ekspertlərin qənaətinə görə, informasiya təhlükəsizliyində əsas faktorlardan biri, bəlkə də ən əsası insan faktorudur. Belə ki, informasiya təhlükəsizliyi təhdidlərini və konfidensial məlumatların sızdırılmasını araşdıran ekspert-analitik mərkəzlərin gəldiyi nəticələrə görə, əksər hallarda bu təhdidlər istifadəçilərin ya bilərəkdən, ya da ki, səhlənkarlıqları ucbatından baş verir”* [1, s.43].

Həç şübhəsiz ki, hər hansı informasiya texnologiyalarından – istər qurğulardan, istərsə də proqramlardan ehtiyatsız istifadə informasiya təhlükəsizliyi sisteminin pozulması kimi çox ciddi fəsadlara gətirib çıxara bilər. İnformasiya təhlükəsizliyi (İT) üzrə ekspertlərin fikrincə, mövcud problemləri yeni informasiya təhlükəsizliyi vasitələri üçün vacib sayılan süni intellekt və maşın öyrənməsi (ML – machine learning) həll edə bilər. Onlar belə hesab edirlər ki, bu texnologiyalar informasiyanı fırıldaqçılardan, zərərli proqramlardan və konfigurasiya xətlərindən yüksək səviyyədə qoruya bilər [3, s.45]. Çünki süni intellekt müəssisənin kibertəhlükəsizlik alətlərinin təkmilləşdirilməsinə və təhlükəsizlik mütəxəssislərinə təhlükəni daha yaxşı anlamağa, öyrənməyə və qiymətləndirməyə kömək edir. Texnologiyalar inkişaf etdikcə kibertəhlükəsizlikdə süni intellektin rolu da inkişaf edir.

Süni intellektli sistemlər insana xas intellekt nümayiş etdirərək insan beyninin məhsulu olan hərəkətləri etməyə qadirdir. Odur ki, Süni intellektin bir neçə əsas tətbiq sahəsi, forması vardır.

Süni intellektin baza forması köməkçi intellektdir. Bu forma böyük verilənlər yığımından istifadə edərək tapşırıqların və proseslərin icrasına kömək edir.

Süni intellektin daha mürəkkəb forması olan ümumiləşmiş Sİ insan intellektini əvəz etmir, lakin onu yaxşılaşdırır, gücləndirir. Gücləndirilmiş intellekt yeni məlumatlar əldə edə və onu mövcud məlumatlara əlavə edə bilər. Təbii ki, bu da innovativ həllər yarada bilər.

Süni intellektin ən qabaqcıl forması avtonom intellektdir. Bu intellekt forması kompüterlərin Sİ sistemlərinin müəllimsiz öyrənmə (ML) üsullarına əsaslanaraq insan müdaxiləsi olmadan müstəqil işləməsinə imkan verir.

Qeyd etdiyimiz kimi, kibertəhlükəsizlikdə Süni intellekt sistemlərinin bir çox üstünlükləri vardır. Ən əsas üstünlüyü odur ki, belə sistemlər böyük həcmli verilənləri yüksək sürətlə təhlil edərək elə məqamları ortaya çıxara bilər ki, bunlar insanlar tərəfindən aşkar edilə bilməz. Eləcə də belə sistemlər daima şəbəkəni nəzarətdə saxlayaraq, təhlükəli məqamları aşkarlamaq, elə həmin andaca ona reaksiya vermək qabiliyyətinə malikdir. Təhdidlərin zamanında aşkar edilməsi onların aradan qaldırılması üçün vaxt imkanı yaradır. Odur ki, Sİ ən çox kibercinayətkarlıqla bağlı risklərin azaldılması vasitəsi kimi istifadə olunur.

Sİ sistemin sazlanması, proqram təminatının yenilənməsi, təhlükəsizlik məsələlərinin həyata keçirilməsi kimi kibertəhlükəsizlik tapşırıqlarını avtomatlaşdırma bilər ki, bu da təhlükəsizlik məsələləri ilə məşğul olan mütəxəssislərə imkan verir ki, daha strateji olan digər məsələlərə diqqət yetirsinlər.

Sİ kibertəhlükənin aşkarlanması və qarşısının alınmasında yeni yanaşmalar təqdim etməklə kibertəhlükəsizlikdə inqilab edə bilər. Bunlardan bəzilərinə nəzər salaq:

Təhlükənin aşkarlanması – Sİ kibertəhlükəni real vaxt rejimində müəyyənləşdirə və aşkarlaya bilər. Maşın öyrənməsi alqoritmləri böyük həcmdə olan verilənləri təhlil edərək standart davranış modellərinə əsasən təhlükəni (hücumu) göstərə biləcək kənarlaşmaları aşkarlayar.

Həssas cəhətlərin qiymətləndirilməsi – Sİ kodları və potensial təhlükəsizlik problemlərini müəyyən etmək üçün konfigurasiyanı skan etməklə proqram təminatının və sistem boşluqlarının avtomatik aşkarlanmasına kömək edə bilər.

Bədniyyətli proqramların aşkarlanması – Sİ bədniyyətli proqramları onların davranışına görə aşkar edə bilər. Həmçinin yeni və məlum olmayan təhlükələri aşkar etmək üçün proqnozverici modellərdən də istifadə edə bilər.

Fırıldaqcılığın aşkarlanması – Sİ davranış və əməliyyat modellərini təhlil etməklə maliyyə fırlıldaqcılığını, yaxud şəxsi məlumatların oğurlanmasını, eləcə də fişinq məktublarını aşkar etməyə kömək edə bilər.

Risqlərin idarə olunması – Sİ müəssisənin ümumi təhlükəsizlik risklərini qiymətləndirməyə kömək edə bilər və bu risklərin azaldılması üçün təkliflər tövsiyə edə bilər.

Təhlükəsizliyin avtomatlaşdırılması – Süni intellekt əvvəlcədən müəyyən edilmiş qaydalar əsasında xəbərdarlıqları və ilkin cavabları təhlil etməklə insidentlərə reaksiya vermək kimi təhlükəsizlik əməliyyatlarını avtomatlaşdırır.

Qeyd etmək lazımdır ki, Sİ kibertəhlükəsizliyi əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırsa da, bütün məsələləri həll etməyə qadir deyil. Başqa sözlə desək, kibertəhlükəsizliyə 100% təminat qeyri-mümkündür. Sİ yalnız kibertəhlükəsizlik mütəxəssislərinin şəxsi təcrübəsi, yaxşı praktikas və başqa təhlükəsizlik texnologiyaları kimi metodlarla yanaşı istifadə edə biləcəkləri vasitələrdən biridir.

Bundan başqa, bədniyyətli insanların aşkar olunmaqdan qaçmaq üçün Sİ sistemləri ilə manipulyasiya etmək riski həmişə mümkündür. Ona görə də Sİ-ə əsaslanan təhlükəsizlik sistemlərinin effektivliyini izləmək və qiymətləndirmək zəruridir.

Sİ-in kibertəhlükəsizliyə inteqrasiyası üçün bir çox proqram tətbiqləri mövcuddur. Məsələn, IT aktivlərinin inventarlaşdırılması vasitəsilə aparat və proqram təminatının istifadəsi barədə təşkilatları aktual informasiya ilə məlumatlandırır. Bu məlumatlar potensial təhlükələri aşkarlamağa və təhlükəsizliyi yaxşılaşdırmağa kömək edə bilər.

Həmçinin Sİ təhlükəsizliyin təmin olunmasının effektiv metodlarını avtomatik qiymətləndirə bilər və korporativ şəbəkənin yaxşılaşdırılması üçün təkliflər verə bilər. Sİ-in daha bir üstünlüyü ondan ibarətdir ki, onlar tək-cə sistemi qiymətləndirmirlər, eyni zamanda müəssisə rəhbərlərinə və istifadəçilərə kibertəhlükəsizliyi təmin etmək məqsədilə həlledici tövsiyələr də verə bilər.

Hal-hazırda bir sıra nüfuzlu təşkilatlar kibertəhlükəsizlikdə Sİ-in potensial imkanları olduğunu qəbul edir və artıq öz sistemlərinə süni intellekti inteqrasiya ediblər. Belə ki, dünyanın ən böyük IT şirkətlərindən biri olan Google süni intellekti ilk tətbiq edən şirkətlərdən biridir. Bu şirkət kibertəhlükəsizliyi daha da yaxşılaşdırmaq və texnoloji dəyişikliklərdən xəbərdar olmaq məqsədilə süni intellekti dərinlən öyrənməkdədir.

IBM Watson texnologiyası mövcud bilikləri birləşdirmək və potensial təhlükələri müəyyən etmək qabiliyyətinə görə çoxlarına yaxşı məlumdur.

Juniper Networks şirkəti isə şəbəkənin təhlükəsizliyini və istifadəçilərlə daha səmərəli qarşılıqlı əlaqəni təmin etmək məqsədi ilə avtonom Sİ işlənməsini inkişaf etdirir.

Təbii ki, kibertəhlükəsizlik dünyasında təhlükəsizliyi yüksəltmək üçün Sİ-dən başqa üsullar da vardır. Bu sahədə ən öndə olan təcrübələr də mövcuddur. Bir neçə kibertəhlükəsizlik metodları vardır ki, İnternetdə təhlükəsizliyi təmin edir və veb təhlükəsizliyinin etibarlı həlli üçün Sİ-n qərarlarını birləşdirir. Məsələn, TLS/SSL rəqəmsal təhlükəsizlik protokolu digər kibertəhlükəsizlik metodları arasında hakerlərdən qorunmaq üçün brauzerlər və server arasında verilənlər mübadiləsinin şifrələnməsi üçün 256-bit açarlı şifrələmə alqoritmindən istifadə edir. Əksər geniş yayılmış brauzerlər bu protokolu dəstəkləyir. Bu protokol ünvanlar sətrində URL-ünvanına https-in və qıfılın daxil edilməsi saytın təhlükəsiz olub-olmadığını göstərir.

Veb saytların təhlükəsizliyini təmin etmək üçün kibertəhlükəsizlikdə mövcud olan bir çox həll yolları vardır. Məsələn,

–“Təhlükəsizlik divarı”ndan istifadə – Veb məlumatlarla kibercinayətkarlar arasında müdafiə xətti yaradır.

–Əməkdaşların təlimatlandırılması – yarana biləcək təhlükəsizlik təhdidləri və onların həllində əməkdaşlara kömək edir və bu haqda onları məlumatlandırır.

–Həqiqiliyin çox faktorlu (çoxfaktorlu autentifikasiya) yoxlanılması və etibarlı parollar internetdə təhlükəsizliyi təmin edən faktorlardandır.

–Mütəmadi olaraq verilənlərin ehtiyat surətlərinin yaradılması fəvqəladə situasiyalarda informasiyaya sürətli girişi təmin edir.

Kibertəhlükəsizlik aləmində Sİ-dən istifadə ilə bağlı müəyyən təhlükələr də mövcuddur. Sİ özü kibertəhlükəsizlikdə potensial təhlükələri azaltmaq üçün bir vasitə olsa da, bədniiyyətli sistemləri dağıtmaq üçün bu vasitədən istifadə edə bilər. Proqram modellərini aldatmaq və onları yanlış proqnozlar verməyə məcbur etmək, Sİ verilənləri ilə manipulyasiya nəticəsində verilənlərin “zəhərlənmə”si buna misal ola bilər. Bundan başqa, Generativ Rəqib Şəbəkələrinə (Generative adversarial network (GAN)) əsaslanan Sİ sistemləri normal trafik sxemləri təqlid edə və diqqəti zərərli hərəkətlərdən yayındıra bilirlər.

Kibercinayətkarlar həmçinin kriptovalyuta sahəsində hakerlərin ticarət alqoritmini dəyişdirdiyi kimi yanlış hərəkətlər etmək üçün Sİ alqoritmləri ilə manipulyasiya da edə bilərlər. Sİ-in faydalı olmasına baxmayaraq, onu da demək vacibdir ki, kibertəhlükəsizlik üçün Sİ etibarlı həll yolu deyil. Sİ kibertəhlükəsizlikdə mütəxəssislərə qərar qəbul edilməsində kömək etsə də, Sİ modelləri səhsiz deyillər və onların reallığı dəqiq əks etdirməsinə zəmanət vermək üçün insan müdaxiləsini tələb edirlər.

Beləliklə, Sİ sistemləri informasiya texnologiyaları təhlükəsizliyinin məhsuldarlığını artırmaq üçün vacib texnologiya hesab olunur. Hal-hazırda analitiklər müasir kibertəhlükələrin həcmindən və mürəkkəbliyindən qaçmaqda çətinlik çəkirlər. Təhlükəsizlik məsələlərinin həlli üçün Sİ əsaslanmaqla böyük həcmdə informasiyaları real vaxt rejimində təhlil etmək, potensial təhlükəni və anomal halları aşkar etmək olar.

Sİ-dən istifadə etməklə təhlükəsizlik mütəxəssisləri hücum cəhdlərini yaxşı başa düşə bilər və belə risklərin vaxtında qarşısını ala bilərlər. Eləcə də Sİ-in köməyiylə təhlükəsizlik xidməti əməkdaşları insan müdaxiləsi tələb edən daha mürəkkəb məsələlərə diqqətlərini cəmləməklə müxtəlif tapşırıqları avtomatlaşdırırlar. Bu da nəticədə qəbul edilən qərarlarda insanın səhv etmək ehtimalını azaltmaqla yanaşı, informasiya təhlükəsizliyinin təmin olunmasında səmərəliliyi və effektivliyi artırmağa kömək edir.

## **ƏDƏBİYYAT**

1. Orucəliyev, A.P., Səmədova, Z.A. İnformasiya texnologiyalarından ehtiyatsız istifadə və ya insan amili informasiya təhlükəsizliyi sisteminin ən zəif bəndi kimi // – Bakı: Pedaqoji Universitetin Xəbərləri, Riyaziyyat və təbiət elmləri seriyası, – 2021. C.69, №3, – s.39-47. URL:
2. “Azərbaycan Respublikasının informasiya təhlükəsizliyi və kibertəhlükəsizliyə dair 2023–2027-ci illər üçün Strategiyası”nın təsdiq edilməsi haqqında Azərbaycan Respublikası Prezidentinin Sərəncamı. 28 avqust 2023-cü il. URL: <https://president.az/az/articles/view/60948>
3. Искусственный интеллект защищает компании от мошенников // Вестник кибербезопасности, –2020. №6(65), – с.45-46
4. Поспелов, Г.С. Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии / Г.С.Поспелов. – М.: Наука, – 1988. – 280 с.
5. Принтер – слабое звено в безопасности малого бизнеса // Вестник кибербезопасности, – 2020. №7(55), – с.34
6. <https://thedata scientist.com/role-artificial-intelligence-cyber-security/>
7. <https://maddevs.io/blog/artificial-intelligence-in-cybersecurity/>
8. <https://blogs.sap.com/2023/06/25/securing-the-future-role-of-artificial-intelligence-in-cybersecurity-and-data-privacy/>

9. <https://www.exabeam.com/explainers/information-security/information-security-goals-types-and-applications/>

**РЕЗЮМЕ**  
**ВОЗМОЖНОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**  
**В ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

*Самедова З.А.*

**Ключевые слова:** *искусственный интеллект, информационные безопасности, защита информации, технологии информационной безопасности, кибербезопасность*

Статья посвящена возможностям искусственного интеллекта в информационной безопасности. В настоящее время обеспечение информационной безопасности стало первоочередной задачей. По мнению экспертов по кибербезопасности, искусственный интеллект и машинное обучение (ML – машинное обучение), которые считаются важными для инструментов информационной безопасности, могут решить возникающие проблемы. Технологии искусственного интеллекта могут обеспечить высокую степень защиты от мошенничества, вредоносного ПО и ошибок конфигурации. Таким образом, системы искусственного интеллекта способны выполнять действия, являющиеся продуктом человеческого мозга, демонстрируя человеческий интеллект.

При решении вопросов безопасности опираясь на искусственный интеллект можно анализировать большие объемы информации в режиме реального времени, выявлять потенциальные угрозы и аномальные ситуации. Кроме этого, используя искусственный интеллект, специалисты по безопасности могут лучше понимать попытки атак и вовремя предотвратить такие риски. С помощью искусственного интеллекта специалисты по безопасности, могут автоматизировать различные задачи, сосредоточившись на более сложных вопросах, требующих вмешательства человека.

И это в результате, способствует повышению эффективности и результативности обеспечения информационной безопасности, помимо снижения возможной человеческой ошибки в принимаемых решениях.

**SUMMARY**  
**OPPORTUNITIES OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN INFORMATION SECURITY**  
*Samadova Z.A.*

**Key words:** *artificial intelligence, information security, information protection, information security technologies, cybersecurity*

The article deals with the possibilities of artificial intelligence in information security. Currently, be provided by information security has become a primary issue. According to experts on cyber security, artificial intelligence and machine learning, which are considered to be important for information security tools, can solve the problems that may arise. Artificial intelligence technologies can provide a high degree of protection against fraud, malware and configuration errors. So, artificial intelligence systems are capable of performing actions that are the product of the human brain, demonstrating human intelligence.

Solving security issues, basing on artificial intelligence, it is possible to analyze a large amount of information in real time, to detect potential threats and anomalous situations. Using artificial intelligence, security professionals can better understand the attack attempts and prevent such risks in time as well. With the help of artificial intelligence, security officers can automate various tasks, focusing on more complex issues that require human intervention. In addition to reducing the possibility of human error in the resulting decisions, it helps to increase efficiency and effectiveness in providing information security.

|                   |               |            |
|-------------------|---------------|------------|
| Daxilolma tarixi: | İlkin variant | 23.06.2023 |
|                   | Son variant   | 08.09.2023 |

UOT 677.21.051.164

DOI 10.54758/16801245\_2023\_23\_3\_92

## MİŞARLI BARABANIN MƏRKƏZDƏNQAÇMA VƏ HAVANIN MÜQAVİMƏTİ QÜVVƏLƏRİ SAHƏSİNDƏ REGENERASIYA PROSESİNİN ANALİZİ

KƏRİMOV HÜSNÜ QƏDİR oğlu [ORCID](#)

Azərbaycan Texnologiya Universiteti, Gəncə, Azərbaycan, t.f.d.

[kerimov\\_husnu@mail.ru](mailto:kerimov_husnu@mail.ru)

*Açar sözlər:* mişarlı baraban, mərkəzdənqaçma qüvvəsi, havanın müqavimət qüvvəsi, regenerasiya, ulyuk, lifli tullantılar

Mərkəzdənqaçma ətalət və havanın müqavimət qüvvələri sahəsində hərəkət vaxtı ulyuk (yetişməmiş lifli pambıq çiyidi) və ayrılə bilən lifləri əsas fiziki-mexaniki xarakteristikalarına görə bir birindən fərqləndirirlər. Bu prinsip lifin təmizlənməsi və pambığın ayrılması zamanı istifadə olunur. Yəni, bunların analoji təyinat seksiyaları haradasa ümumi konstruksiyaya malikdir.

Maşınla yığılmış xam pambığın təmizləyici maşınlarda emalı zamanı, işçi orqanların pambıq elementlərinə təsiri ilə, tekstil sənayesi üçün qiymətli xammal sayılan pambıq lifinin bir hissəsi itkiyə getdiyindən, lifli tullantılardakı lifin regenerasiya texnologiyası rentabelli hesab olunur. Bu texnologiya prinsipcə yeni məhsul sayılan lifli ulyukun emalı üçün nəzərdə tutulmuşdur. Lifli tullantıların təmizlənməsi və lifin regenerasiyası üçün nəzərdə tutulan aqreqatın layihələndirilməsi üçün emal olunan lifli materialın vəziyyəti və ilkin olaraq lifin ayrıcılıq qabiliyyəti ən-ənəvi üsullarla öyrənilmişdir.

Məqalədə, lifli tullantıların təmizlənməsi və lifin regenerasiyası texnologiyasının nəzəri əsasları verilmişdir.

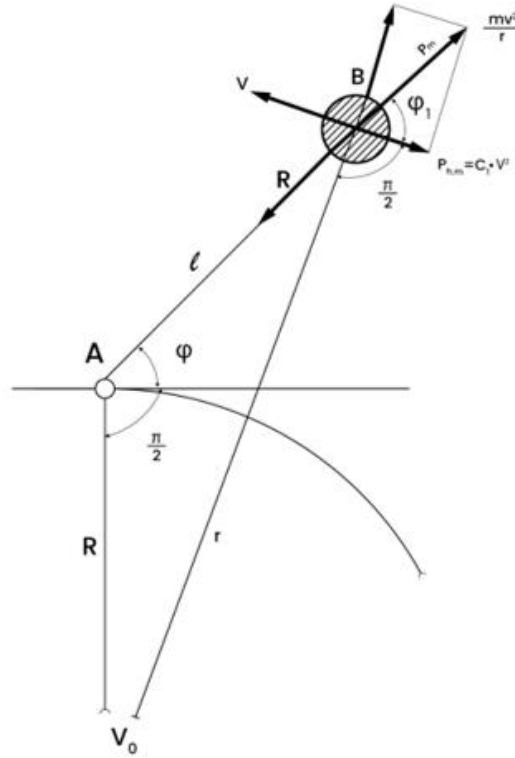
**Giriş.** Respublikamızda tekstil sənayesi inkişaf etdikcə pambıq lifinə tələbat artır. Çünki tekstil sənayesinin xammal bazasının 60% -dən çoxu məhlucın payına düşür. Ölkəmizdə yerli pambıq sortları ilə yanaşı xarici introduksiya olunmuş sortlar da əkilir. 2022 –ci ildə Pambıq Emalı müəssisələrinə kondisiya kütləsində 322 min ton pambıq tədarük olunmuşdur. Xam pambıqdan 300 -ə yaxın adda məhsul alınır. Sənayenin elə bir sahəsi yoxdur ki, orada pambıqdan alınan məhsullardan istifadə olunmasın. Ən ənəvi zavodlarla yanaşı son zamanlar Ucar və Bərdə rayonlarında Çin Xalq Respublikası və Türkiyə Cümhuriyyətinin şitkətləri tərəfindən müasir tipli pambıq emalı zavodları inşa olunaraq istismara verilmişdir.

**Problemin qoyuluşu.** Reqlamentli texnoloji prosesin bütün keçidlərində lif kütləsi emal zamanı kənar qarışıqlarla birlikdə itkiyə gedir. Eyni zamanda yetişmə dövründə pambıq bitkisinin tərkibində üzəri lifli örtüklə əhatə olunmuş ulyuk (yetişməmiş çiyid) kimi qüsurlar olur. Bu kimi lifli örtüyün ayrılması və lifli tullantılarla birlikdə regenerasiya olunması vacib məsələ sayılır [1, 2]. Ulyukun pambıqdan ayrılması ən çox cin maşınlarında həyata keçirilir. Burada cin maşınlarında ulyukun ayrılması məhlucın çiyiddən ayrılmasından qabaq xüsusi quraşdırılan ulyuk dimdiyinin köməyi ilə həyata küçirilir. Deməli, lifli tullantıların təmizlənərək təkrar emal olunması, həmçinin ulyukdakı lifli təbəqənin ayrılması vacib məsələ hesab olunur [3, 4, 5].

**Material və metod.** Lifli tullantıların mişarlı silindirin ətalət və havanın müqavimət qüvvələri sahəsində hərəkətinə baxaq.

Əvvəlcə, kənar hissəciklər və ulyukdan ibarət lif kütləsinə baxaq. Bu zaman kütlənin bütün uzunluğu boyu paylanmasını nəzərə alsaq, çevik sapın statiki tənliklərindən istifadə edə bilərik, belə ki lifin kütləsi havanın müqavimət qüvvəsindən az olduğundan onu nəzərə almayacağıq [6, 7].

Statikada, B mərkəzinə gətirilmiş  $m_{l.h.}$ - kütləli lifli hissəciklər və  $m_{ul.}$ - kütləli lifli ulyukdan ibarət  $m$  – kütləsinin tarazlıq şərtinə baxaq (Şəkil 1). Bu zaman hissəcik olmaya da bilər, yəni  $m_{ul.} \rightarrow 0$ .



Şəkil 1. Lifli hissəciklərə təsir edən qüvvələr sxemi

Deməli, yazı bilərik ki,

$$m = m_{l.h.} + m_{ul.} \quad (1)$$

Statikada,  $m$  - kütləli hissəciyə təsir edən havanın müqavimət qüvvəsini Dəlamber prinsipinə görə yazı bilərik

$$P_{h.m} = CF_m \frac{\gamma v^2}{2g} = C_1 v^2 \quad (2)$$

$R$  – reaksiya ( $l$  uzunluqlu lifə mişarın təsir qüvvəsi) və mərkəzdənqaçma ətalət qüvvəsini də əlavə etsək yazı bilərik

$$P_m = \frac{mv^2}{r} \quad (3)$$

burada:  $v$  - hissəciyin xətti sürəti;

$r$  - radius;

$C$  – ön sürtünmə əmsalı;

$F_m$  - hissəciyin midel kəsiyi;

$\gamma$  - havanın sıxlığı;

$C_1$  – ümumiləşmiş xassə əmsalıdır.

Burada  $R$  və  $l$  parametrləri şəkil 1. də göstərilmişdir.

$m$  – kütləsi, ona təsir edən və kütlə mərkəzindən keçən üç qüvvənin təsiri altındadır. Bu, o deməkdir ki,  $P_m$  və  $P_{h.m}$  qüvvə vektorlarının cəmi  $K$  ya bərabər olmaqla əks istiqamətə yönələcəkdir. Onda bu qüvvələr arasındakı  $\phi_1$  - bucağını tapa bilərik.

$$\varphi_1 = \arctg \frac{P_{m,q}}{P_{h,m}} = \arctg \frac{m}{rC} \quad (4)$$

Göründüyü kimi bu bucaq hissəciyin kütləsi,  $r$  - radius və havanın müqavimət əmsalının -  $C_1$  funksiyasıdır.

Burada bizi ən çox  $\varphi_1$  - bucağı yox,  $\varphi$  - bucağı maraqlandırır. Bunu isə OAB üçbucağında sinuslar və kosinuslar teoremlərini tətbiq edib tənliklər sistemi şəklində yazaraq tapa bilərik. Bu zaman  $R$ ,  $l$  və  $\varphi_1$  parametrlərini şərti olaraq məlum,  $r$  və  $\varphi$  parametrlərini isə məchul qəbul edərək tənliklər sistemini həll edirik.

$$R \sin\left(\frac{\pi}{2} + \varphi\right) = r \sin\left(\frac{\pi}{2} + \varphi_1\right) = r \cos \varphi_1 \quad (5)$$

$$r^2 = R^2 + l^2 - 2Rl \cos\left(\frac{\pi}{2} + \varphi\right)$$

(5) tənliklər sistemini həll etsək,  $r$  - parametrinə nəzərən bikvadrat tənlikdən alarıq.

$$r = \sqrt{(R^2 + l^2) - 2l \cos \varphi_1 + \sqrt{[(R^2 + l^2) - 2l \cos \varphi_1]^2 - (R^2 - l^2)}} \quad (6)$$

Müəyyən sadələşdirmələrdən sonra  $\varphi$  - bucağını tapa bilərik

$$\varphi = \arccos \frac{r}{R} \cos \varphi_1 \quad (7)$$

(6) və (7) ifadələrinin xüsusi hallarına baxaq:

$m \rightarrow 0$  və  $\varphi_1 \rightarrow 0$  olduqda, yazı bilərik:

$$r_0 = \sqrt{R^2 - l^2} < R \quad (8)$$

$$\varphi_0 = -\arccos \frac{\sqrt{R^2 - l^2}}{R} \quad (9)$$

Bu hal çox maraqlıdır. Belə ki, bu zaman lif kütləsi mişarın mərkəzinə doğru meyillənir. Bunu ilk dəfə P.N.Tyutin [8], sonralar isə Q.İ.Boldinski [9] müşahidə etmişdir. Onlar hesab edirdilər ki, lifli kütlə mərkəzə doğru hava axını ilə birlikdə dönür. Lakin burada hava axınının istiqaməti başqa olduğundan mərkəzə doğru dönməsinə ehtiyac yoxdur. Lifli kütlə isə mərkəzə doğru dönəcəkdir.

Bu fikir, təcrübə və hesabatlarda özünü doğruldur, belə ki;  $C_1 \rightarrow 0$ ,  $\varphi = \frac{\pi}{2}$ , ( $\arctg \alpha = \frac{\pi}{2}$ ) olduqda ulyuk müqavimətə rast gəlmir.

$$r_\infty = (R + l) \quad (10)$$

$$\varphi_\infty = \varphi = \frac{\pi}{2} \quad (11)$$

Bu zaman  $\varphi_1$  və  $\varphi$  bucaqları üst üstə düşəcəkdir.

(4), (6) və (7) ifadələrini analiz etdikdə görürük ki,  $\varphi$  - bucağının qiyməti məlum deyil, onu  $r$  - dən asılı olaraq tapırıq.  $r$ ,  $\varphi$  və  $\varphi_1$  məchullarını tapmaq üçün isə yuxarıdakı tənliklər sistemini həll etmək lazımdır.

$r$  - in dəqiq qiymətini aşağıdakı tənlikdən tapa bilərik

$$r^4 = r^2 \left[ 2(R^2 + l^2) - 4l^2 C_1 r \frac{1}{\sqrt{C^2 r^2 + m}} \right] + (R^2 - l^2) = 0 \quad (12)$$

Bundan sonra  $\varphi_1$  və  $\varphi$  - nin qiymətlərini (4) və (7) düsturları ilə təyin edə bilərik. Yuxarıda da qeyd etdiyimiz kimi  $r$  - in qiyməti məlum olduqda  $\varphi_1$  -i asanlıqla tapmaq olur.

(4) ifadəsinə daha ətraflı baxsaq görürük ki,  $\varphi$  və  $\varphi_1$  - in qiymətləri təcrübə yolla təyin olunur.  $l$  - in kiçik qiymətlərində isə  $\varphi \approx \varphi_1$  və  $K \approx r$  olur ki, bu da havanın müqavimətini kompleks qiymətləndirməyə imkan verir. Məsələn,  $m = 0,00012$  kq kütləli xam pambıq uçağanı, radiusu  $R =$

0,16 m olan mişarda fırlanaraq  $l = 0,002$  m məsafəsi qət etdikdə  $\varphi_1 = 75^\circ$  (1,0309 rad.) olur. Əgər qəbul etsək ki,  $\varphi \approx \varphi_1$  olduqda  $r \approx R + l \sin \varphi$  olur, onda yazı bilərik:  $r \approx 0,07932$  m

Deməli,

$$C_1 = \frac{m}{rtg\varphi_1} = \frac{0,00012}{0,17932 \cdot 1,309} = 1,793 \cdot 10^{-4} \text{ kq/m}$$

(4), (6) və (7) ifadələrindən və ardıcıl yaxınlaşma metodundan istifadə edərək, kütlənin müxtəlif qiymətlərində, yəni  $m$  – in,  $m = 0,00012$  – dən  $0,00002$  kq azalan qiymətində,  $\varphi_1$ ,  $r$  və  $\varphi$  – nin qiymətlərini tapa bilərik, həmçinin  $m = 0$  və  $C_1 = 1,793 \cdot 10^{-4} \text{ kq/m}$  olur. Parametrlərin hesabi qiymətləri aşağıdakı cədvəldə verilmişdir (Cədvəl ).

**Cədvəl .**

*Parametrlərin hesabi qiymətləri*

|         |               |          |          |          |          |          |          |          |
|---------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Birinci | $\varphi_1^0$ | 75,35    | 72,58    | 68,58    | 62,39    | 52,03    | 33,01    | 0        |
|         | $r, m$        | 0,1770   | 0,1764   | 0,1755   | 0,1741   | 0,1716   | 0,1670   | 0,15     |
|         | $\varphi^0$   | 73,75    | 70,73    | 66,39    | 59,72    | 48,70    | 28,93    | -7,18    |
| İkinci  | $\varphi_1^0$ | 75,1887  | 77,4518  | 68,5307  | 62,5175  | 52,4270  | 33,7430  | 0        |
|         | $r, m$        | 0,176935 | 0,176338 | 0,175467 | 0,174100 | 0,1717   | 0,1671   | 0,158745 |
|         | $\varphi^0$   | 73,5789  | 70,5918  | 66,3354  | 59,8581  | 49,1202  | 29,6823  | -7,18078 |
| Üçüncü  | $\varphi_1^0$ | 75,1914  | 72,4544  | 68,5320  | 62,5136  | 52,4117  | 33,7140  | 0        |
|         | $r, m$        | 0,176936 | 0,176338 | 0,175467 | 0,174098 | 0,171726 | 0,167159 | 0,158745 |
|         | $\varphi^0$   | 173,5819 | 70,5947  | 66,3368  | 59,8540  | 49,1041  | 29,6532  | -7,18078 |

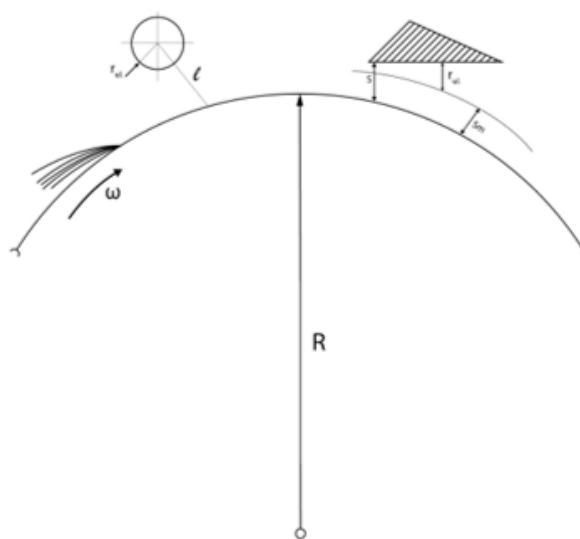
Birinci yaxınlaşmada  $r = R + l \cos \frac{\pi}{3}$  qəbul edərək  $\varphi$  bucağını təyin edirik, ikinci və üçüncü yaxınlaşmada isə qiymətləri hesablayırıq.

Doğrudan da, lifli hissəciklərin barabanın çevrəsi üzrə hərəkəti zamanı mişarlı qarniturla araməsafəsinə (bu məsafə nəzəri olaraq  $S = 10$  mm götürülür) üçüzlü prizmatik bıçaqlı kolosniklər yerləşdirsək, kütləsi  $m \approx 0,000033 \dots 0,000030$  kq olan ( $l = 20$  mm olduqda) lifli hissəciklərin keyfiyyəti saxlanılmaqla ulyukdan ayrılacaqdır (Şəkil 2).

$S_m$  - məsafəsinin qiyməti azaldıqca lifli hissəciklərin ayrılması artacaq, lakin bu zaman müəyyən hissəsi itkiyə gedəcəkdir. Burada  $S_m$  - məsafəsinə müəyyən olunmuş nöqtədə  $m$  kütləli model üçün «nəzəri» araməsafəsi kimi baxılır [10]. Əlbəttə lifli ulyuka sərhəd ölçülərə malik və radiusu  $r_{ul}$  – olan kürə şəklində baxsaq, onda barabanla mişarlı kolosnik arası məsafəni aşağıdakı kimi götürmək tövsiyyə olunur.

$$S = S_m + Kr_y$$

burada  $K$  – kolosniklərin konstruksiyasından asılı empirik əmsaldır. Mişarlı kolosniklər üçün  $K \rightarrow 1$  götürülür.



**Şəkil 2.** Barabanla kolosnik arası təmizləyici seksiya.

**Nəticə.** Müəyyən edilmişdir ki, təklif edilən analiz, baxılan aqreqatda lifli tullantıların təmizlənməsi və lifin regenerasiyası zamanı, maşının işçi orqanlarının parametrlərini nəzəri cəhətdən əsaslandırmağa və praktiki tövsiyyələr verməyə imkan verir .

#### ƏDƏBİYYAT

1. Лугачев, А. Е. Первичная обработка хлопка / А.Е.Лугачев, А.М.Салимов, –Ташкент, – 2007, –131с.
2. Мирошниченко, Г.Д. Основы проектирование машин первичной обработки хлопка / Г.Д.Мирошниченко. –Ташкент: Укутувчи, – 1998. – 241 с.
3. Батуев, Г.С. Инженерные методы исследования ударных процессов / Г.С.Батуев и др. –М.: Машиностроение, –2007. –240 с.
4. Керимов, У.Г., Влияния профиля колосников на интенсивность выделения сорных примесей / У.Г.Керимов, Ф.А.Велиев. // Молодой ученый №9 (11), –М., – 2016, –с.496-500
5. Vəliyev, F.Ə. Xam pambığın təmizlənməsi üçün kolosnik şəbəkə, F 2020 № 0023 , Faidalı model üçün patent, Azərbaycan Respublikası / F.Ə.Vəliyev, H.Q.Kərimov. –Bakı, – 2020, –8 s.
6. Бурнашев Р.З. Экспериментальное исследование ударных импульсов в процессе очистки хлопка-сырца и волокна / Р.З. Бурнашев, А.Е. Лугачев // Хлопковая промышленность. – Ташкент, –2009. – № 5. –с.8-9.
7. Бурнашев, Р.З. Экспериментальное исследование ударного взаимодействия летучек хлопка – сырца с колосником очистителя крупного сора / Р.З.Бурнашев, А.Е.Лугачев, С.Фазылов // Хлопковая промышленность, №1. –Ташкент, –2000.
8. Тютин, П.Н. О выделении сорных примесей через ячейки сетчатых поверхностей / Тютин, П.Н., Лугачев А.Е. // Сборник трудов ТИТЛП "Механическая технология волокнистых материалов", вып. 19. –Ташкент: ТПИ, –2007. –с. 51-58.
9. Болдинский, Г.И. К теории дженирования / Сб.ТТИ, –Ташкент, –2007,1. В. № 21, –с.18-23.
10. Karimov, H. Theoretical research of the grate-saw cleaner of a large litter of the mounted type / H.Karimov, E.Mustafayeva, E.Jafarov [et al.] // EASTERN EUROPEAN journal of enterprise technologies , –2021/ 2/7 (110) , scopus, pp. 74-84

**РЕЗЮМЕ**  
**АНАЛИЗ ПРОЦЕССА РЕГЕНЕРАЦИИ В ПОЛЕ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СИЛ И**  
**СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОЗДУХА ПИЛИЛЬНОГО БАРАБАНА**

**Керимов У.Г.**

**Ключевые слова:** *пильчатый барабан, центробежная сила, сила сопротивления воздуха, регенерация, улюк, волокнистые отходы*

В статье представлены теоретические основы переработки волокнистых отходов и технологии регенерации волокнистых материалов.

Главная физико–механическая характеристика, благодаря которой возможно разделение прядогого волокна и волокнистого улюка, различие их свойств при движении в поле сил воздушного сопротивления и центробежной силы инерции. Этот принцип используется в процессах волокноочистки и прядения хлопка, отсюда некоторая общность конструкций аналогичных по назначению секций.

При переработке хлопка-сырца машинного сбора в очистительных машинах из-за воздействия рабочих органов на хлопковые элементы часть хлопкового волокна, считающегося ценным сырьем для текстильной промышленности, теряется, поэтому технология регенерации волокнистых отходов считается рентабельной. Эта технология предназначена для переработки волокнистого улюка, которая считается принципиально новым продуктом. Для создания агрегата для переработки волокнистых отходов и регенерации волокон исследовали состояние перерабатываемого волокнистого материала. Исходная способность волокна изучена традиционными методами.

**SUMMARY**  
**ANALYSIS OF THE REGENERATION PROCESS IN THE FIELD OF CENTRIFUGAL**  
**AND AIR RESISTANCE FORCES OF A SAW DRUM**

**Kerimov H. Q.**

**Key words:** *saw drum, centrifugal force, air resistance force, regeneration, uluk, fibrous waste*

The article presents the theoretical foundations of the processing of fibrous waste and the technology of regeneration of fibrous materials.

The main physical and mechanical characteristic, due to which the separation of the spinnable fiber and the fibrous hoot is possible, is the difference in their properties when moving in the field of air resistance forces and the centrifugal force of inertia. This principle is used in the processes of ginning and cotton spinning, hence some commonality in the designs of sections similar in purpose.

During the processing of machine-harvested raw cotton in cleaning machines, due to the impact of the working bodies on the cotton elements, part of the cotton fiber, which is considered a valuable raw material for the textile industry, is lost, so the technology of fibrous waste regeneration is considered cost-effective. This technology is intended for the processing of fibrous uluk, which is considered a fundamentally new product. To create a unit for processing fibrous waste and regenerating fibers, the state of the processed fibrous material was investigated and the initial ability of the fiber was studied by traditional methods.

|                   |               |            |
|-------------------|---------------|------------|
| Daxilolma tarixi: | Ilkin variant | 16.06.2023 |
|                   | Son variant   | 08.09.2023 |

**MÜNDƏRİCAT \* СОДЕРЖАНИЕ \* CONTENTS****Riyaziyyat. Fizika**

1. *Kurbanov H.T., Babadjanova B.G., Aliyeva U.C.* Исследование нестационарных волн в полосе с учетом реологии среды при малой вязкости 4
2. *Abayeva N.B.* İkilik 4D – qeyri-xətti modulyar dinamik sistemlərin əsas ortoqonal giriş ardıcılıqlarının qurulması alqoritmi 8
3. *İmanova K.S., Əsədova S.R.* Nizamlı və nizamsız işin yaranma mexanizminin kompleks yanaşma metodu ilə öyrənilməsi 15

**Kimya**

4. *Azizova G.G., Amirov F.A., Məvlaev İ.G., Məmədova G.A., Xanqışiyeva P.F., Məmədov Ş.M.* Исследование особенности вулканизации и характера вулканизационных структур бутадиев-нитрильного каучука 19
5. *Hajiyeva S.R., Bayramov G.I., Huseynli A.M.* Determination of ecotoxicant substances in hard waste caused by hydrogen purification process of petroleum oils 24
6. *Hətəmov M.M., Muradov M.M., Abdullayeva M.B., Rüstəмова G.C.* Anilinin elektrokimyəvi sistemdə bromlaşdırılması 30
7. *Məmədova T.A., Aıdyanova Ş.Y., Aliyeva Z.M., Məmədova Ə.İ.* Пропиловые эфиры жирных кислот подсолнечного масла как добавка к дизельному топливу 35
8. *Rəhimli N.T., Zeynalov N.A., Məmmədova Ü.Ə.* Nanohissəciklərin quruluş və ölçülərinin müəyyən edilməsi üsul və metodları 41
9. *Nəzərova M.K., Fuad B., Nəsirova İ.M., Süleymanova P.V.* Allilnaftolun katalitik sintezi 47

**Ekologiya**

10. *Əhmədova R.R., Əliyeva A.Ş., Babayeva T.M.* Hidrotermik şəraitin humusun əmələ gəlməsi prosesinə təsiri 50

**Coğrafiya**

10. *Mərdanov İ.İ., Ağayev T.D., Əhmədova N.M.* Cəbrayıl rayonunun landşaft planlaşdırılmasının geoloji-geomorfoloji amilləri 53
11. *Ramazanov R.H., Bayramova E.A.* Quba –Xaçmaz iqtisadi rayonunun fiziki-iqtisadi və coğrafi xüsusiyyətlərinin tədqiqi 57

**Biologiya**

12. *Xəlilov T.A., Qədimov V.Ə., Ələkbərli G.Y.* Sənaye kimyəvi toksik maddələrinin allergik təsiri 65
13. *Qəribova S.R.* Sitrus bitkilərində mikoloji, bakterioloji, virusoloji və fitoplazma xəstəliklərinin təyini simptomları və ümumi xarakteristikaları 69

**Texnika**

14. *Alekperli F.F., Guliyeva H.A.* Исследование устойчивости системы автоматического регулирования РРБ 75
15. *Hüseynov A.H., Səlimova M.R., Cavadova S.R.* Maşınqayırma detallarının çoxagentli avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sisteminin CASE texnologiyaya əsaslanmaqla təşkili 81
16. *Səmədova Z.A.* İnformasiya təhlükəsizliyində süni intellektin imkanları 87
17. *Kərimov H.Q.* Mişarlı barabanın mərkəzdənqaçma və havanın müqaviməti qüvvələri sahəsində regenerasiya prosesinin analizi 92

---

|                  |                       |
|------------------|-----------------------|
| Kompüter yığımı  | <i>S.Şahverdiyeva</i> |
| Texniki redaktor | <i>E.Həsəratova</i>   |

Çapa imzalanmışdır: 28.09.2023-cü il  
Mətbəə kağızı, kağızın formatı: 70\*108 ¼  
Yüksək çap üsulu. Həcmi: 23,18 ş.ç.v.  
Sifariş 194. Tiraj 250 nüsxə.  
Qiyməti müqavilə yolu ilə.

-----  
Sumqayıt Dövlət Universiteti  
Redaksiya və nəşr işləri şöbəsi

**Müxbir ünvan**

Azərbaycan, 5008, Sumqayıt, 43-cü məhəllə  
Tel: (018) 644-70-41  
(018) 642-15-06 (1-26 daxili)

**Web:** <https://ssu.nat-tech.scientificnews.edu.az>

**E-mail:** [Sevda.Shaxverdiyeva@sdu.edu.az](mailto:Sevda.Shaxverdiyeva@sdu.edu.az)

