



# ARIF ŞƏFAƏT OĞLU MEHDİYEV

## 85

1934-cü il dekabrın 19-da elmi, pedaqoji və dövlətçilik fəaliyyəti ilə seçilən, fizika və kosmik tədqiqatlar sahəsində tanınmış alim, görkəmli dövlət xadimi, Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının sədri, Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının həqiqi üzvü, fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor Arif Şəfaət oğlu Mehdiyev anadan olmuşdur.

XX əsrin görkəmli Azərbaycan ziyalılarında olan, Arif Şəfaət oğlu Mehdiyev respublikamızın elm və təhsilinin inkişafında böyük rolu və parlaq dəst-xətti olmuş şəxsiyyətlərdən idi.

1975-ci ildən başlayaraq A.Ş. Mehdiyev ətraf mühitin kosmik üsullarla tədqiqinin fiziki-texniki problemlərinin həlli istiqamətində çalışırdı. A.Ş. Mehdiyevin rəhbərliyi və bilavasitə iştirakı ilə yerüstə avtomatlaşdırılmış informasiya-ölçü kompleksləri tərkibində hidrometeoroloji və ekoloji parametrlərin yığılması və emalı üçün elektromaqnit dalğalarının müxtəlif diapazonlarında işləyən spektral ölçü cihazları yaradılmışdı. Bu cihazlar və informasiya-ölçü kompleksləri çoxsəviyyəli beynəlxalq aerokosmik eksperimentlərin aparılması zamanı tədqiqatçıları peykaltı ölçmələrlə təmin etməyə imkan vermişdir. Yerüstə və Kosmosdan alınan verilənlərin qəbulu, emalı və tematik təhlili ilə bağlı akademik A.Ş. Mehdiyevin rəhbərliyi altında aparılmış işlər Azərbaycanda Coğrafi Məlumat Sistemlərinin inkişafına böyük təkan verdi.

Akademik A.Ş. Mehdiyev 1992-ci ildə Beynəlxalq Mühəndislik Akademiyasına həqiqi üzv, 1996-cı ildə isə Amerika Aeronavtika və Astronavtika İnstitutuna üzv seçilmişdi. O, 1996-cı ildə Birləşmiş Millətlər Təşkilatının Asiya və Sakit Okean Hövzəsi Ölkələri üzrə İqtisadi və Sosial Komissiyasının Azərbaycan üzrə koordinatoru təyin edilmişdi.

Akademik A.Ş. Mehdiyev 300-dən artıq çap olunmuş elmi işin, o cümlədən 45-dən çox ixtiranın müəllifi idi. Onun “Physica Status Solidi”, “Физика и техника полупроводников”, “Remote Sensing Reviews” və s. kimi nüfuzlu beynəlxalq elmi jurnallarda və məcmuələrdə dərc olunmuş elmi məqalələrinə dünya alimləri tərəfindən çoxsaylı istinadlar edilmişdir. 21.06.2002-ci ildə işlədiyi Milli Aviasiya Akademiyasında Ətraf mühitin aerokosmik monitorinqi kafedrası yaradıldı. Həmin vaxtdan kafedra müdiri vəzifəsini f.-r.e.d., professor, AMEA-nın akademiki Arif Şəfaət oğlu Mehdiyev icra edirdi.

Akademik A.Ş. Mehdiyev həm də 2002-ci ildən ömrünün sonuna kimi Milli Aviasiya Akademiyasının “Ətraf mühitin aerokosmik monitorinqi” kafedrasına rəhbərlik etməklə bərabər, onun rəhbərliyi altında 7 elmlər doktoru və 20-dək elmlər namizədi dissertasiya işlərini müdafiə etmişlər.

Kafedranın nəzdində 10 fevral 2014-cü ildə “**Aerokosmik monitoring**” Problem laboratoriyası yaradılmış, burada CİS texnologiyalar əsasında ekoloji problemlərin tədqiqində alınmış aerokosmik məlumatların və aerokosmik şəkillərin emalı ilə bağlı elmi işlər aparılmışdı.

Akademik A.Ş. Mehdiyevin son illəri əhatə edən elmi fəaliyyəti ekoloji problemlərin yerin Kosmosdan alınan məlumatları vasitəsilə ilə həllinə həsr olunmuşdur. Bu istiqamətdə aparılan elmi tədqiqatlar bu gün də Milli Aviasiya Akademiyasının “Ətraf mühitin aerokosmik monitoringi” kafedrasının nəzdində fəaliyyət göstərən və vaxtilə rəhbərlik etdiyi “Aerokosmik monitoring” problem laboratoriyasının əməkdaşları tərəfindən uğurla davam etdirilir.

Akademik A.Ş. Mehdiyevin həm dövlət xadimi kimi göstərdiyi xidmətlər, həm də elm, texnika və təhsil sahəsindəki səmərəli fəaliyyəti və fədakar əməyi dövlətimiz tərəfindən layiqincə qiymətləndirilmişdir. A.Ş. Mehdiyev ilk növbədə özünə qarşı çox tələbkar, öz üzərində daim işləyən və təvazökar bir insan idi. Akademik Arif Mehdiyev dövlət, cəmiyyət, elmi və pedaqoji ictimaiyyət tərəfindən birmənalı şəkildə qəbul olunan bütöv bir şəxsiyyət olmuşdur.

Tanınmış alim, əməkdar elm xadimi, Azərbaycan Respublikasının Dövlət mükafatı laureatı, Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının həqiqi üzvü, Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının sədri, fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor Arif Şəfaət oğlu Mehdiyev 2016-cı il dekabrın 19-da ömrünün 83-cü ilində vəfat etmişdir.

**Arif Mehdiyev Azərbaycanın elmi və pedaqoji tarixində,  
Milli Aviasiya Akademiyasının kollektivinin qəlbində  
hər zaman yaşayacaq!**

**Allah rəhmət eləsin!**

УДК 539.381

DOI: 10.34826/NAA.2020.21.4.005

**СОЧЕТАНИЕ ВЫСОКИХ ДЕФОРМАЦИЙ И СТЕПЕНИ СОВЕРШЕНСТВА  
В НАНОСЛОЯХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ  $A^{IV}B^{VI}$** **А.М. Пашаев<sup>1</sup>, О.И. Даварашвили<sup>2</sup>, М.И. Енукашвили<sup>2</sup>, З.Г. Ахвледiani<sup>2,3</sup>,  
Л.П. Бычкова<sup>2</sup>, Р.Г. Гуляев<sup>2</sup>, М.А. Дзагания<sup>2,4</sup>, В.П. Зломанов<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Национальная Академия Авиации, <sup>2</sup>Тбилисский Государственный Университет им.Ив. Джавахишвили, <sup>3</sup>Институт Физики им.Э.Андроникашвили, <sup>4</sup>Институт Физической и Органической химии П. Меликишвили, <sup>5</sup>Московский Государственный Университет им.М.В.Ломоносова

*В работе исследуется и обсуждается новая модель, согласно которой в эпитаксиальных нанослоях полупроводников  $A^{IV}B^{VI}$ , выращенных на диэлектрических подложках, достигается высокая степень совершенства при их максимальной деформации. Механизм стопорения дислокаций при размещении в их ядрах нестехиометрических дефектов распространяется на все типы дислокаций независимо от происхождения. Согласно представляемой модели существующий контраст упругости, например, между слоем PbSe и подложкой KCl, приводит к смещению сетки дислокаций в подложку и понижению доли проникающих из подложки в слой дислокаций. Предлагается усилить этот эффект при создании тонких подложек - мембран. По форме рентгено-дифракционной линии могут выделяться участки роста слоев при формировании отдельных критических толщин. Высокая подвижность носителей заряда и характер рентгенодифракционной линии подтверждают улучшение степени совершенства нанослоев полупроводников  $A^{IV}B^{VI}$  при деформациях, достигающих 0,015-0,023 и, в целом, рассматриваемую модель.*

**Ключевые слова:** новая модель, деформация, совершенство слоев, дислокации, контраст упругости, критическая толщина.

Поиск путей достижения высокой степени совершенства деформированных полупроводниковых слоев в гетероструктурах на основе полупроводников  $A^{IV}B^{VI}$  возможен при рассмотрении природы самих деформаций и дефектов в слоях. Деформации в полупроводниковых гетероструктурах имеют разное происхождение [1,2], а также различное влияние и назначение [3,4]. В частности, они возникают на гетерогранице и распространяются в слой и подложку при сопряжении материалов с разными параметрами кристаллических решеток или из-за взаимной диффузии компонентов на гетерогранице, когда напряжения превышают предел упругости составляющих гетеропару слоев. В первом случае возникающие деформации-напряжения в растущем слое могут привести к существенному изменению энергетического спектра - ширины запрещенной зоны полупроводников [5] и при параллельном легировании специальными примесями, уровни которых смещаются в запрещенную зону и способствуют компенсации концентрации носителей заряда, осуществляется диэлектрическое состояние в полупроводниковом слое, например, в соединениях и твердых растворах полупроводников  $A^{IV}B^{VI}$  [6]. Во втором случае деформации – напряжения возникают из-за появляющегося различия в параметрах решетки переходного слоя при взаимной диффузии компонентов в процессе роста слоев в изначально изопериодной структуре, например, PbSe – PbSnSeTe [7].

В обоих случаях деформации-напряжения существенным образом зависят от толщин слоя или переходной области. С ростом их толщины нарастает упругая энергия, определяемая упругими постоянными материалами слоев, деформацией и толщиной. При достижении порогового значения упругая энергия частично или полностью передается дефектам – существующим дислокациям или другим неоднородностям структуры, являющихся локациями для зарождения новых дислокаций или их стопорения. Под неоднородностями в слое, в первую очередь, имеются в виду смещение атомов соединения со своих позиций в решетке или размещение в ней неконтролируемых примесей, а также отсутствие атомной гладкости на его поверхности и на гетерогранице. Минимальная энергия при этом затрачивается на создание дислокаций, которые образуются на центрах неоднородностей у гетерограницы или сбрасываются на нее из объема слоя. Толщина слоев, при которой образуется начальная сетка дислокаций, называется критической толщиной. Она определяется параметрами решетки сопрягающихся на гетерогранице материалов и ориентацией подложки и поэтому относится к фундаментальному свойству данной гетеропары [8]. Для слоев PbSe, выращенных, например, на подложке KCl, она составляет 2 нм.

В работе выстраивается модель, в которой учитываются такие обстоятельства:

а) возможность существования нескольких критических толщин, когда поэтапно энергия деформации передается дислокациям, образующих сетку дислокаций;

б) упругий контраст между нанослоем полупроводника  $A^{IV}B^{VI}$  и диэлектрической подложкой, способный привести к смещению сетки дислокаций в подложку и значительно уменьшить долю проникающих из подложки в слой дислокаций, и тем самым создать возможность значительного улучшения структуры слоя.

По мере нарастания толщины слоев или расширения переходной области возросшая упругая энергия может приводить к зарождению новых дислокаций при преодолении соответственно большего энергетического барьера. Тогда это можно отнести к поэтапному превышению новой, последующей критической толщины. Т.е. для данной толщины слоя остается доля переданной еще энергии дефектам и можно считать, что для каждой толщины слоя существует конечная остаточная деформация-напряжение и, как показали наши исследования, они могут сохраняться в слое в течение длительного времени – не менее трех лет. Согласно измеренным значениям остаточных деформаций (по тангенциальному параметру решетки слоя) в слоях PbSe, выращенных на подложках KCl с толщинами 20, 50, 70 нм, они составляют 0,023, 0,010, 0,008 соответственно [9].

Отметим, что, несмотря на формальное существование нескольких критических толщин, слои с толщинами выше первой критической толщины, относят к сверхкритическим.

Важно учесть, что релаксация напряжений, в основном, происходит на уровне нанотолщин слоев и поэтому деформированные слои целесообразно исследовать в пределах толщин <100-200 нм.

От начальной сетки дислокаций несоответствия в объем слоя проникают дислокации и вместе с дислокациями, проникающими из подложки и создаваемых на неоднородностях, в напряженном слое они существенно понижают время рассеяния и рекомбинации носителей заряда. Путем формирования различных многослойных структур можно сместить дислокации к краям слоев. Другим способом уменьшения плотности дислокаций при росте нанослоев может служить использование тонких подложек-мембран с уменьшенным значением модуля упругости. Используя условия контраста слоя и подложки [10] при росте, например, PbSe на тонкой подложке KCl можно значительно сместить сетку дислокаций в подложку или вовсе создать структуру без сетки дислокаций несоответствия при наименьших толщинах слоя и мембраны. Уменьшение толщин эпитаксиального слоя и подложки-мембраны и усиление упругого контраста влияют в одном направлении: приводят к возрастанию критической толщины, перераспределению деформаций между слоем и подложкой, к смещению сетки дислокаций несоответствия в подложку. Действительно, в

гетероструктурах PbSe/KCl осуществляется значительный упругий контраст: модули сдвига слоя PbSe и подложки KCl равны соответственно 27,6 и 63,6 GPa, а их соотношение составляет ~4,5. Это приводит не только к смещению сетки дислокаций в подложку, но и к ограничению доли проникающих в слой дислокаций и сохранению поверхности слоя гладкой. В условиях смещения сетки дислокаций несоответствия в подложку с повышенной плотностью дислокаций они аккумулируются на самой сетке. Значения модулей сдвига определялись методом внутреннего трения [11] и брались для наиболее совершенных образцов.

По аналогии со структурами Si-Ge/Si [12] можно оценить, как при различных толщинах слоев и подложек может меняться соотношение деформаций в слое и мембране. Перераспределение деформаций между слоем и мембраной, как отмечалось, есть следствие использования тонких подложек. Именно в случае тонкой подложки мембраны существенно растет критическая толщина. Рассмотрены случаи двух толщин слоев 50 и 15нм и толщин мембран 25 и 15нм и перераспределения деформации между ними. Как показывают расчеты, для толщины слоя 50нм и мембраны 25нм деформация в слое уменьшается приблизительно в 3 раза. При толщине мембраны 15нм деформация в слое уменьшается уже в 4 раза. Для толщин слоя 15нм и мембран 25 и 15нм деформации в слое понижаются в 1,5-2 раза. Запас высоких деформаций в слоях достигается дальнейшим уменьшением их толщины до уровня  $\leq 10$ нм. Такие слои могут использоваться в ИК фотоприемниках с многократным проходом излучения. В случае использования однопроходных для излучения слоев с толщинами 50-70нм компромисс между максимальной деформацией и степенью совершенства слоев достигается при использовании вместо KCl подложек BaSe с большим параметром кристаллической решетки ( $a_{KCl} = 6,290 \text{ \AA}$ ,  $a_{BaSe} = 6,600 \text{ \AA}$ ). Отметим, что скорость роста слоев при смене критических толщин может оставаться неизменной и определяться, в основном, расстоянием открытого края кварцевой ампулы с источником эпитаксии до подложки, т.е. скоростью доставки испаряющихся молекул к подложке [13]. С другой стороны, исследованием полуширин рентгенодифракционных линий подтверждается – когда они не возрастают, смена критических толщин не происходит. В общем случае при уменьшении энергии деформации в процессе ее передачи дислокациям в слоях понижается сама деформация, т.е. тангенциальный параметр решетки. В результате даже в нанослоях при нескольких критических толщинах по толщине слоев возникают области с различными параметрами кристаллических решеток, что неминуемо приводит к существенному расширению рентгенодифракционной линии. Хотя ширина рентгенодифракционной линии с утоньшением слоев возрастает из-за нарастающих остаточных напряжений и из-за указанного выше их различия по толщине слоев, она оказалась такой же, как и для слоев кремния с той же толщиной, выращенных на сапфире и составляла  $(8-10)^\circ$  при плоскости отражения (200) [14].

В напряженных слоях методом рентгеновской дифракции помимо деформаций изучались размеры субзерен: при толщине слоя PbSe, например, 100нм они составили 30нм. Четырехзондовым методом определялась концентрация носителей заряда –  $(1-6) \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$  и их подвижность, которая достигала нескольких сотен В/см<sup>2</sup>с. Спектры оптического пропускания характеризовались резким краем, а обнаруженная с уменьшением толщины слоев тетрагональная фаза подтверждает наличие в них высоких деформаций-напряжений [15,16].

**Таким образом,** при росте, например, PbSe на тонкой подложке KCl из-за упругого контраста часть деформаций и сетка дислокаций смещаются в подложку, и значительно уменьшается доля проникающих из подложки в слой дислокаций. При деформации ~0,01 в слоях толщиной 50нм плотность дислокаций в них на один - два порядка меньше, чем в подложке. К числу других результатов, подтверждающих также рассматриваемую модель, можно отнести выявление по характеру рентгенодифракционных линий нескольких критических толщин, когда в слое формируются различные центры неоднородностей.



**ЛИТЕРАТУРА**

1. Arif Pashaev, Omari Davarashvili, Zaira Akhvlediani, Megi Erukashvili, Revaz Gulyaev, Vladimir Zlomanov. Unrelaxed State in Epitaxial Heterostructures Based on Lead Selenide. *Journal of Modern Physics*, 2012, 3, 6, 502-510.
2. А.М. Пашаев, О.И. Даварашвили, Г.Ш. Дарсавелидзе, Л.П. Бычкова, М.И. Енукашвили, М.А. Дзаганя, В.П. Зломанов. Диффузионное рассогласование в полупроводниковых гетероструктурах: условие возникновения и пути преодоления его негативного воздействия на излучательные приборы. *Известия НАН Грузии*, 2009, 6, 4, 331-336.
3. Пашаев А.М., Даварашвили О.И., Алиев В.А., Енукашвили М.И., Зломанов В.П.. Закономерная связь между одновременной стабилизацией уровня Ферми и преобразованием упругих свойств в узкозонных полупроводниках IV-VI с их трансформацией в диэлектрическое состояние. Научное открытие, диплом №340. Сборник кратких описаний научных открытий, научных гипотез. Международная Академия и Академия авторов научных открытий. Москва, 2008.
4. А.М. Pashaev, O.I. Davarashvili, M.I. Erukashvili, Z.G. Akhvlediani, L.P. Bychkova, M.A. Dzagania. On the Possibilities for Improving the Efficiency of Radiation in Heterostructures Based on IV-VI Semiconductors. *IOP Conf.Series: Materials Science and Engineering* 49, (2013) 012029, 1-4.
5. А.М. Pashaev, O.I. Davarashvili, Z.G. Akhvlediani, M.I. Erukashvili, L.P. Bychkova, M.A. Dzagania. Study of the Forbidden Gap Width of Strained Epitaxial Lead Selenide Layers. *Journal of Materials Science and Engineering*, 2012, 2, 142 - 150.
6. А.М. Pashaev, O.I. Davarashvili, M.I. Erukashvili, Z.G. Akhvlediani, L.P. Bychkova, V.P. Zlomanov. Modeling of the dielectric state in PbSnSe and PbSnTe nanolayers with high concentration of nonstoichiometric defects. *Book of Abstracts of the 17<sup>th</sup> International Conference on Radiation Effects in Insulators*. Helsinki, 2013, PB - 16.
7. А.М. Пашаев, О.И. Даварашвили, М.И. Енукашвили, В.А. Алиев, В.П. Зломанов. Проблемы рассогласования в гетероструктурах на основе полупроводников  $A^{IV}B^{VI}$ . Труды Международной конференции «Научно-технический прогресс и современная авиация». Баку, 2009, 3, 17 - 19.
8. Ю.Б. Болховитянов, О.П. Пчеляков, С.И. Чикичев. Кремний – германиевые эпитаксиальные пленки: физические основы получения напряженных и полностью релаксированных гетероструктур, УФН, 2001, 171, 7, 689-715.
9. А.М. Pashaev, O.I. Davarashvili, M.I. Erukashvili, Z.G. Akhvlediani, L.P. Bychkova, R.G. Gulyaev, V.P. Zlomanov. Stratching strain – effective “negative” pressure in lead selenide nanolayers. *ПЕИТ*, 2014, 3, 11, 318-323.
10. В.М. Юрченко, Э.П. Фельдман, Л.Н. Гумен, А.М. Кроник, А.Е. Зюбанов. Формирование сетки дислокаций несоответствия вблизи интерфейса пленка – подложка с учетом упругого контраста. *Конденсированные среды и межфазные границы*, 2008, 10, 3, 277-281.
11. А.М. Пашаев, О.И. Даварашвили, В.А. Алиев, Г.Ш. Дарсавелидзе, М.И. Енукашвили, В.П. Зломанов. Экспериментальное моделирование упругих свойств бинарных соединений  $A^{IV}B^{VI}$ . *Вести Академии Наук Азербайджана*, 2008, 5, 96-100.
12. T. David, I. Agua, K. Liu, L. Farve, A. Ronda, M. Abbarchi, I. Claude, I. Berbezier. New strategies for producing defect free Si-Ge strained nanolayers. *Scientific Reports*, 2018, 8, 2, 4-14.
13. А.М. Pashaev, O.I. Davarashvili, M.I. Erukashvili, Z.G. Akhvlediani, L.P. Bychkova, R.G. Gulyaev, M.A. Dzagania, V.P. Zlomanov. Investigation of strained lead selenide layers. *Global Journal of Engineering Science and Research Management (GJESRM)*, 2016, 3(6), 56-64.
14. А.М. Pashaev, O.I. Davarashvili, Z.G. Akhvlediani, M.I. Erukashvili, R.G. Gulyaev, V.P. Zlomanov. The Structure of Thin Epitaxial Layers of Lead Selenide. *Journal of Materials Science and Engineering*, 2013, A(3), 116-121.

15. А.М. Пашаев, О.И. Даварашвили, М.И. Енукашвили, З.Г. Ахвледиани, Л.П. Бычкова, Р.Г. Гуляев, М.А. Дзаганя, В.П. Зломанов. Напряженные полупроводниковые слои на диэлектрических подложках (на примере материалов  $A^{IV}B^{VI}$ ). Препринт, МНЛ-ТГУ, 2016, 22с.
16. A.M. Pashaev, O.I. Davarashvili, M.I. Erukashvili, Z.G. Akhvlediani, L.P. Bychkova, R.G. Gulyaev, M.A. Dzagania, V.P. Zlomanov. High deformations in lead selenide nanolayers and related new properties. European Chemical Bulletin, 2019, 8(2), 57-62.

## **REFERENCES**

1. Arif Pashaev, Omari Davarashvili, Zaira Akhvlediani, Megi Erukashvili, Revaz Gulyaev, Vladimir Zlomanov. Unrelaxed State in Epitaxial Heterostructures Based on Lead Selenide. Journal of Modern Physics, 2012, 3, 6, p.502-510.
2. A.M.Pashaev, O.I.Davarashvili, Q.Sh.Darsavelidze, L.P.Bichkova, M.I.Erukashvili, M.A.Dzaganiya, V.P.Zlomanov. Diffuzionnoe rassoqlasovanie v poluprodnikovix geterostrukturax: uslovie voznikoveniya i puti preodoleniya eqo neqativnoqo vozdeystviya na izluchatelnie pribori. Izvestiya NAN Gruzii, 2009, 6, 4, page 331- 336.
3. Pashaev A.M., Davarashvili O.İ., Aliev V.A., Erukashvili M.İ., Zlomanov V.P.. Zakonomernaya svyaz mejdju odnovremennoy stabilizatsiey urovnya Fermi i preobrazovaniem uprugix svoystv v uzkozonnix poluprovodnikax IV-VI s ix transformatsiey v dielektricheskoe sostoyanie. Nauchnoe otkritie, diplom №340. Sbornik kratkix opisaniq nauchnix otkritiy, nauchnix gipotez. Mejdunarodnaya Akademiya I Akademiya avtorov nauchnix otkritiy. Moskva, 2008.
4. A.M.Pashaev, O.I.Davarashvili, M.I.Erukashvili, Z.G.Akhvlediani, L.P.Bychkova, M.A.Dzagania. On the Possibilities for Improving the Efficiency of Radiation in Heterostructures Based on IV-VI Semiconductors. IOP Conf.Series: Materials Science and Engineering 49, (2013) 012029, p.1-4 .
5. A.M.Pashaev, O.I.Davarashvili, Z.G.Akhvlediani, M.I.Erukashvili, L.P.Bychkova, M.A.Dzagania. Study of the Forbidden Gap Width of Strained Epitaxial Lead Selenide Layers. Journal of Materials Science and Engineering, 2012, 2, p. 142-150.
6. A.M.Pashaev, O.I.Davarashvili, M.I.Erukashvili, Z.G.Akhvlediani, L.P.Bychkova, V.P.Zlomanov. Modeling of the dielectric state in PbSnSe and PbSnTe nanolayers with high concentration of nonstoichiometric defects. Book of Abstracts of the 17<sup>th</sup> International Conference on Radiation Effects in Insulators. Helsinki, 2013, PB -1 6.
7. A.M. Pashaev, O.İ. Davarashvili, M.İ. Erukashvili, V.A. Aliev, V.P. Zlomanov. Problemi passoqlasovaniya v geterostrukturax na osnove poluprovodnikov  $A^{IV}B^{VI}$ . Trudi Mejdunarodniy konferentsii «Nauchno-texnicheskij progress I sovremenaya aviatsiya». Baku, 2009, 3, rege 17 - 19 .
8. Y.B. Bolxovityanov, O.P. Pchelyakov, S.İ. Chikichev. Kremniy – germanievie epitaksialnie plenki: fizicheskie osnovi polucgeniya napryajennix i polnosty pelaksirovannix geterostruktur, УФН, 2001, 171, 7, pege 689 - 715.
9. A.M.Pashaev, O.I.Davarashvili, M.I.Erukashvili, Z.G.Akhvlediani, L.P.Bychkova, R.G. Gulyaev, V.P.Zlomanov. Stratching strain – effective “negative” pressure in lead selenide nanolayers. ИЕИТ, 2014, 3, 11, p.318-323.
10. V.M. Yrchenko, E.P. Feldman, L.N. Qumen, A.M. Kponik, A.E. Zybanov. Formirovanie setki dislokatsiy nesootvetstviya vblizi interfeysa plenka–podlojka s uchetom upruqoqo kontrasta. Kondensirovannie sredi I mejfaznie qranitsi, 2008, 10, 3, pege 277 - 281.

11. Pashaev A.M., Davarashvili O.İ., Aliev V.A., Q.Sh. Darsavelidze, Erukashvili M.İ., Zlomanov V.P. Eksperimentalnie modelirovanie upruqix svoystv binanix soedineniy  $A^{IV}B^{VI}$ . Vesti Akademii Nauk Azerbaydjana, 2008, 5, page 96-100.
12. T. David, I. Agua, K.Liu, L. Farve, A. Ronda, M. Abbarchi, I. Claude, I. Berbezier. New strategies for producing defect free Si-Ge strained nanolayers. Scientific Reports, 2018, 8, 2, page 4-14.
13. A.M. Pashaev, O.I. Davarashvili, M.I. Erukashvili, Z.G. Akhvlediani, L.P. Bychkova, R.G.Gulyaev, M.A.Dzagania, V.P.Zlomanov. Investigation of strained lead selenide layers. Global Journal of Engineering Science and Research Management (GJESRM), 2016, 3(6), page 56-64.
14. A.M.Pashaev, O.I.Davarashvili, Z.G.Akhvlediani, M.I.Erukashvili, R.G.Gulyaev, V.P.Zlomanov. The Structure of Thin Epitaxial Layers of Lead Selenide. Journal of Materials Science and Engineering, 2013, A (3), page 116 - 121.
15. A.M. Pashaev, O.I. Davarashvili, M.I. Erukashvili, Z.G. Akhvlediani, L.P. Bichkova, R.Q. Qulyaev, M.A. Dzaqaniya, V.P. Zlomanov. Napryajennie poluprovodnikovie sloi na dielektricheskix podlojkax (na primere materialov  $A^{IV}B^{VI}$ ). Preprint, MHJI-TFY, 2016, 22 p.
16. A.M. Pashaev, O.I. Davarashvili, M.I. Erukashvili, Z.G. Akhvlediani, L.P. Bychkova, R.G. Gulyaev, M.A. Dzagania, V.P. Zlomanov. High deformations in lead selenide nanolayers and related new properties. European Chemical Bulletin, 2019, 8(2), p.57- 62.

**$A^{IV}B^{VI}$  YARIMKEÇİRİCİ NANOTƏBƏQƏLƏRİNDƏ YÜKSƏK  
DEFORMASIYALARIN VƏ MÜKƏMMƏLLİK DƏRƏCƏLƏRİNİN KOMBİNASIYASI**

**A.M. Paşayev, O.I. Davarashvili, M.I. Erukashvili, Z.G. Axvlediani, L.P. Bıçkova,  
R.G. Qulyayev, M.A. Dzaqaniya, V.P. Zlomanov**

*Məqalədə dielektrik altlıqlarda yetişdirilmiş  $A^{IV}B^{VI}$  yarımkeçirici epitaksial nanotəbəqələrində maksimum deformasiya zamanı yüksək mükəmməllik dərəcəsinə malik təbəqələrin alınmasını təmin edən yeni model tədqiq və müzakirə olunur. Qeyri-stoimetrik qüsurlar əsasında yerdəyişmə zamanı dislokasiyanı dayandırmaq mexanizmi mənşəyindən asılı olmayaraq bütün növ dislokasiyalara şamil olunur. Təqdim olunan modelə əsasən, məsələn, PbSe təbəqəsi ilə KCI altlığı arasında mövcud elastiklik kontrastı dislokasiya torunun altlığa doğru sürüşməsinə və altlıqdan gələn dislokasiyaların payını azaldır. Nazik altlığın – membranın hazırlanmasında bu effektin gücləndirməsi təklif olunur. Ayrıca kritik qalınlığın formalaşmasında təbəqə sahəciklərinin yaranmasını rentgen-difraksiya xəttinin formasına əsasən fərqləndirmək olar. Yük daşıyıcıların yüksək yürüklüyü və rentgen difraksiya xəttinin xarakteri  $A^{IV}B^{VI}$  yarımkeçirici nano təbəqələrinin 0.015-0.023-ə çatan deformasiyalarında, nəzərdən keçirilən model təbəqənin mükəmməllik dərəcəsinin yaxşılaşdığını təsdiqləyir.*

***Açar sözlər:** yeni model, deformasiya, təbəqələrin mükəmməlləşdirilməsi, yerdəyişmələr, elastiklik kontrastı, kritik qalınlıq, altlıq, yürüklük.*

**COMBINATION OF HIGH DEFORMATION AND PERFECTION IN NANOLAYERS  
IN NANOLAYERS OF IV - VI SEMICONDUCTORS**

**A.M. Pashaev, O.I. Davarashvili, M.I. Erukashvili, Z.G. Akhvlediani, L.P. Bychkova,  
R.G. Gulyaev, M.A. Dzagania, V.P. Zlomanov**

*A new model is investigated and discussed in accordance with that in epitaxial nanolayers of IV-VI semiconductors is achieved high degree of the perfection at maximal deformations. For all types of dislocations independently of their origin their braking realizes by the accomodation of nonstoichiometric defects in the nucleous of them. The contrast in the electricity between PbSe*



layer and KCl substrate, for example, leads to the displacement of the portion of the penetrated dislocations to the layer. In the case of thin substrate and to the decrease of the portion of the penetrated dislocations to the layer. In the case of thin sub-strates this effect will be more intensive. In the accordance of the shape of x-ray diffraction line maybe determined separate critical thicknesses. High values of the mobility of current carriers and the character of x-ray diffraction line confirm the improvement of the degree of the perfection of IV-VI semiconductors and, on the whole, the present model.

**Keywords:** new model, deformation, perfection layers, dislocations, control elasticity, critical thickness, substrate, mobility.

#### Сведения об авторах:

<b>Фамилия, имя, отчество:</b>	Пашаев Ариф Мир Джалал оглы
<b>Место работы:</b>	Национальная Академия Авиации
<b>Должность:</b>	Академик НАН Азербайджана, ректор
<b>Область научных интересов</b>	Авиация, приборостроение, неразрушающий контроль
<b>E-mail:</b>	mail@naa.az
<b>Телефон:</b>	+994 12 497-28-29

*Rəyçi: t.e.d. prof. R.N. Nəbiyev*

**KİÇİKÖLÇÜLÜ İSTİSMAR YADDAŞ QURĞUSU****N.Ə. Pənahov, N.N. Kəlbiyev**

Milli Aviasiya Akademiyası

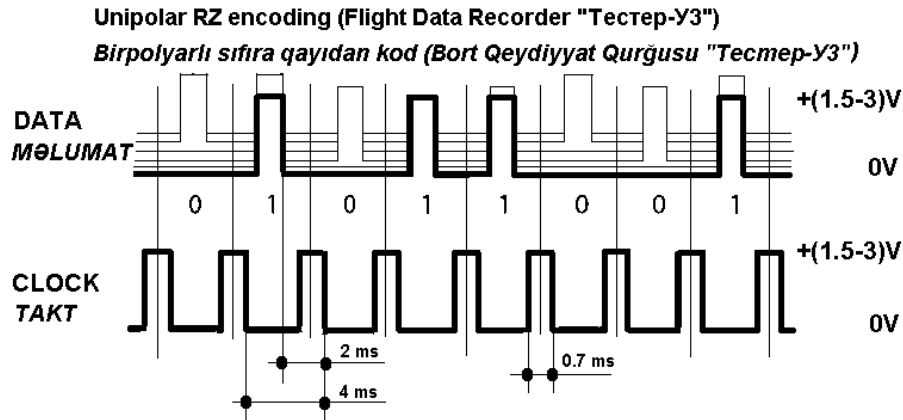
*Məqalədə “Тестер-У3” tipli Bort Qeydiyyat Qurğuları tərkibində parametrik uçuş məlumatlarının köməkçi qeydiyyat vasitəsi kimi nəzərdə tutulmuş kiçikölçülü İstismar Yaddaş Qurğusu layihəsi təqdim olunmuşdur. Bu məqsədlə həmin Bort Qeydiyyat Qurğularının məlumat interfeysi və mövcud İstismar Yaddaş Qurğusu araşdırılmış, yeni yaddaş qurğusunun sadəliyi üçün tələblər formalaşdırılmışdır. Bu tələblərə uyğun olaraq vahid mikrokontroller əsasında yaddaş qurğusu və onun daxili proqram təminatı işlənilib hazırlanmışdır. Qurğunun strukturu və iş alqoritmi təqdim edilmişdir. Laboratoriya və uçuş şəraitində aparılmış sınaqlar layihənin iş qabiliyyətini və tələblərə cavab verdiyini təsdiqləmişdir.*

***Açar sözlər:** uçuş məlumatları, bort qeydiyyat qurğusu, istismar yaddaş qurğusu, Yerüste emal sistemi, mikrokontroller, yaddaş kartı, sifira qayıdan kod, binar (ikilik) kod impulsları qrupu.*

**Giriş**

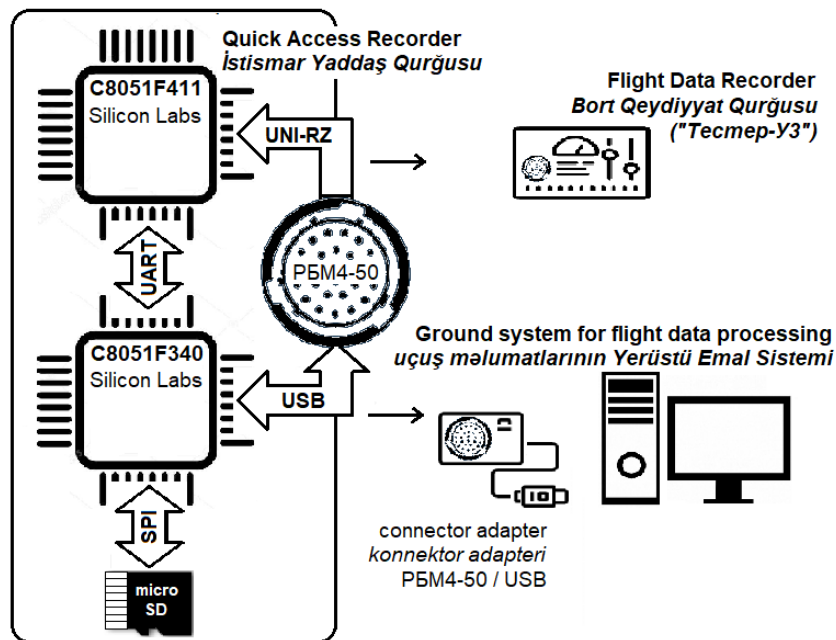
Məlum olduğu kimi, uçuşlararası nəzarətin asanlaşdırılması məqsədi ilə bir çox uçuş aparatları qəza Bort Qeydiyyat Qurğusundakı (BQQ) parametrik uçuş məlumatlarını təkrarlayan İstismar Yaddaş Qurğusu (İYQ) ilə təchiz olunurlar. İYQ-dən istifadə zərurəti uçuş məlumatlarının yerüste nəzarət sisteminə tez və rahat köçürülməsi tələbatına uyğun olaraq yaranmışdır. Bunun üçün onun özünün, yaxud yaddaş elementinin kiçik qabaritli olması və uçuş aparatında əlçatan yerdə yerləşdirilməsi tələbləri əsas götürülür. Adətən qəza BQQ-sinin yoxlanılması və uçuş məlumatlarının köçürülməsi üçün uçuş aparatında siqnal konnektorlu nəzarət bölməsi olur ki, İYQ-də məhz həmin bölmədə yerləşdirilir və həmin konnektoora qoşulur.

**İşin məqsədi.** İstismarda olan uçuş aparatlarının bəzi tipləri “Тестер-У3” tipli BQQ-lərlə təchiz olunmuşdur. Onlar yalnız parametrik uçuş məlumatlarının qeydiyyatı üçün nəzərdə tutulmuşdur və həm lent daşıyıcılı (Тестер-У3 серия 2/3), həm də sərt (flash) yaddaş qurğuları ilə (Тестер-У3 серия 3А/3КС) komplektləşdirilirlər [1-3]. Bu tip BQQ-lər üçün nəzərdə tutulmuş İYQ-lər kiçik ölçülü olduqlarından təmir üçün nəzərdə tutulmayan dizaynda istehsal olunmuşlar və sıradan çıxanlarının yenisi ilə əvəzlənməsi zərurəti yaranmışdır. Məqalə “Тестер-У3” tipli BQQ-lərə qoşulmaq üçün nəzərdə tutulmuş kiçikölçülü sadə İYQ-nin layihələndirilməsinə həsr olunmuşdur. **“Тестер-У3” tipli BQQ-nin məlumat interfeysi.** “Тестер-У3” tipli BQQ-lərdə parametrik uçuş məlumatı qeydiyyat qurğularına 12 kanallı paralel interfeyslə “UnipolarRZ” formatlı (sifira qayıdan) 10-bitlik ikilik kodda (hər bir ölçməyə uyğun) impulslar qrupu ardıcılıqları şəklində verilir (şək. 1). Kod impulsları qrupunun 8 biti – analoq, 1 biti – binar məlumatlar, digər 1 bit – 256 parametri əhatə edən kadrın identifikasiyası üçün nəzərdə tutulmuşdur və məlumat axını ~4 msan periodla ötürülür [4]. Məlumat axını yarımperiod sürüşdürülmüş takt impulsları ilə (2 kanal) sinxronlaşdırılır. “Тестер-У3” tipli BQQ-lərin ilk seriyaları maqnit lent daşıyıcılı yaddaş qurğularından istifadə üçün nəzərdə tutulmuşdur və bu cür sinxronlaşdırma lentin deformasiyalarından irəli gələn xətalara aradan qaldırmaq üçün nəzərdə tutulmuşdur. Məlumatların lentdən oxunması halında (məlumat bitlərinə aid) ayrı-ayrı kanallardan gələn impulslar arasında faza sürüşmələri olur. Sürüşdürülmüş takt impulsları həm məlumatın (iki takt impulsu arasındakı) gözlənilməsi müddətini, həm də məlumatın olmamasını, yəni bütün dərəcələrin sıfır olmasını təyin etməyə imkan verir.



**İYQ-nin mövcud prototipi.** "Tecmep-Y3" tipli BQQ-lər üçün məlum olan kiçikölçülü İYQ Silicon Labs ticarət markalı C8051F411 və C8051F340 tipli iki mikrokontroller çipi əsasında hazırlanmışdır (şəkl. 2) [5, 6].

Mikrokontrollerlərin birincisi bilavasitə bortda uçuş məlumatlarının qəbulunu, ikincisi isə qəbul olunmuş məlumatların SDCard tipli yaddaş elementinə yazılmasını və yerüstə Emal Sisteminə (YES) qoşulduqda həmin yaddaş elementindən USB port vasitəsi ilə kompüterə köçürülməsini təmin edir. İki mikrokontroller çipindən istifadə İYQ-nin hazırlanma xərclərini həm texnoloji, həm də proqram təminatı baxımından artırır. Bu cür tərtibat "Tecmep-Y3" tipli BQQ-lərin seriyasından asılı olaraq məlumat siqnallarının amplituda fərqliliyini nəzərə alan universal qurğunun yaradılması tələbi ilə izah oluna bilər.



SDCard tipli yaddaş elementi və C8051F340 tipli mikrokontroller 3V-luq mənbədən qidalandırılır, C8051F411 tipli mikrokontrollerin isə daha kiçik voltajlı mənbədən qidalandırılması kiçik amplitudalı siqnalların etibarlı qəbulunu təmin edir. Mikrokontrollerlər arasında əlaqə universal asinxron serial interfeys (UART) vasitəsi ilə təmin olunur. Bu interfeysin çıxış xətlərində açıq-kollektor sxemindən istifadə olunması mikrokontrollerlərin qida gərginlikləri arasındakı fərqi nəzərə almamağa imkan verir. İYQ impuls tənzimləyici vasitəsi ilə bort qida mənbəyindən, yaxud

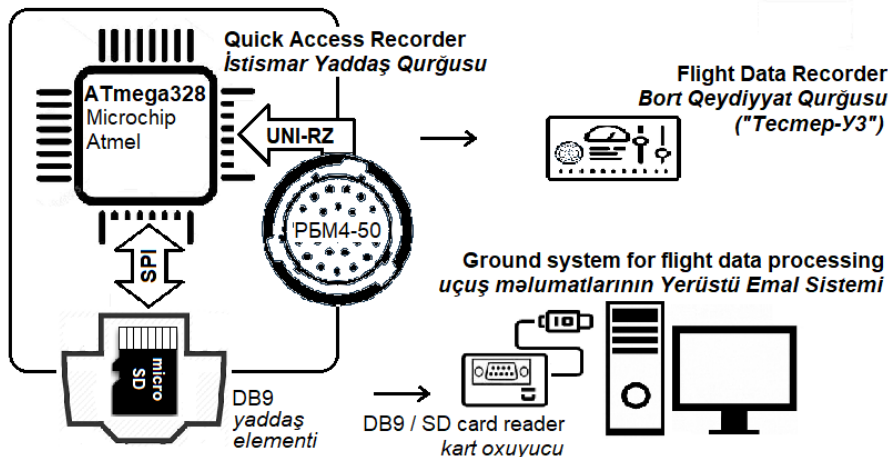
USB portundan qidalandırılır. SDCard tipli yaddaş elementi İYQ-nin daxilində yerləşdirilmişdir. Bu cür tərtibat uçuş məlumatlarının YES-ə köçürülməsi üçün İYQ-nin uçuş aparatından çıxarılmasını tələb edir. İYQ-nin YES-ə qoşulması üçün İYQ-USB konnektor adapterindən istifadə edilir.

Prototipin daxili proqram təminatı haqqında məlumat yoxdur, lakin ondan istifadə qaydası və struktur sxemi onun iş alqoritmi haqqında mülahizə yürütməyə imkan verir. C8051F411 mikrokontrollerinin bortdan gələn siqnalları (dövrü olaraq, yaxud proqram kəsilmələri yolu ilə) fasiləsiz qəbul edərək UART vasitəsi ilə ikinci mikrokontrollerə ötürməsi labüddür. C8051F340 mikrokontrolleri isə ilk növbədə borta, yaxud USB portuna qoşulduğunu təyin etməlidir. Birinci halda UART vasitəsilə alınan məlumatları qəbul olunmuş formatda SDCard tipli yaddaş elementinə qeyd etməli, ikinci halda isə ondakı məlumatları USB portuna ötürməlidir. Məlumatın ötürülməsi və qeydiyyatının bütün mərhələləri üçün proqram təminatında FIFO (first in first out) tipli proqram buferindən istifadə nəzərdə tutula bilər.

**Yeni İYQ-nin sxemotexnikası.** Yeni İYQ layihəsində istehsal xərclərinin azaldılması və istismar rahatlığının yüksəldilməsi məqsədi ilə aşağıdakı tələblər əsas götürülmüşdür:

- uçuş məlumatlarının köçürülməsi üçün İYQ-nin uçuş aparatından çıxarılmasına ehtiyac olmamalıdır;
- yaddaş elementi İYQ-dən xaric oluna bilməlidir (DB9 tipli konnektor vasitəsi ilə qoşulma münasib sayılmışdır);
- İYQ bir mikrokontroller çipi əsasında layihələndirilməlidir (Microchip/Atmel ATmega328 mikrokontrolleri seçilmişdir [7]).

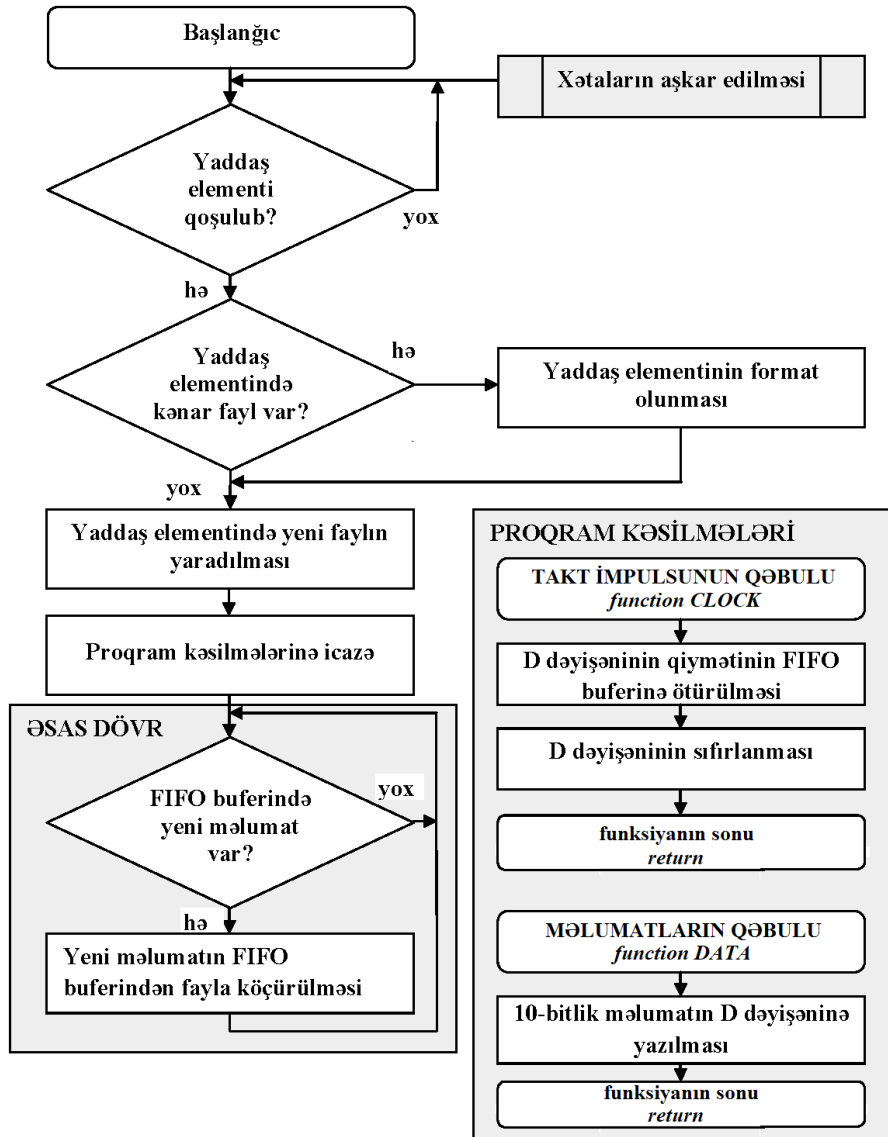
Yeni İYQ-də (şək.3) ATmega328 mikrokontrolleri bortdan uçuş məlumatlarının qəbul edilməsini və SPI interfeysi vasitəsilə SDCard tipli yaddaşa qeyd edilməsini təmin edir. Qeyd edilmiş məlumatların YES-ə köçürülməsi üçün (konstruktiv olaraq DB9 tipli konnektorun gövdəsində yerləşdirilmiş) yaddaş elementi İYQ-dən ayrılaraq DB9 tipli konnektor əlavə olunmuş “card reader”-ə qoşulur. SPI interfeysi mikrokontrollerin proqramlaşdırılması üçün də istifadə olunur.



Şək. 3. “Tecrep-Y3” tipli Bort Qeydiyyat Qurğusuna qoşula bilən yeni İstismar Yaddaş Qurğusunun struktur sxemi

“Tecrep-Y3” tipli BQQ-lərin seriyasından asılı olan məlumat siqnalları amplitudalarının fərqlənməsini nəzərə alaraq ATmega 328 mikrokontrolleri 2V-luq qida mənbəyindən, SDCard tipli yaddaş elementi isə 3V-luq mənbədən qidalandırılır. Qida gərginlikləri arasındakı fərqin SPI interfeysinə təsiri sadə “level converter” elementi vasitəsi ilə aradan qaldırılır.

Yeni İYQ-nin proqram təminatı. Yeni İYQ-nin iş alqoritmi şək. 4-də verilmişdir. növbədə



Şək. 4. İstismar Yaddaş Qurğusunun iş alqoritminin ümumiləşdirilmiş blok-sxemi

İlk yaddaş elementinin qoşulu olması yoxlanılır. Yaddaş elementində qəbul edilmişdən fərqli adda fayllar varsa, yaxud faylların sayı çoxdursa o tam format olunur. Məsələn, yaddaş elementi YES-ə qoşulduqda əlavə sistem qovluğunun yaranması məlumatların istifadə olunduğuna və onlara daha ehtiyac olmadığına işarə verir. Sonra yeni fayl açılır və uçuş məlumatlarının qəbuluna başlanılır. Bu məqsədlə proqram kəsilmələri mexanizmindən və FIFO tipli proqram buferindən istifadə olunur. Qəbul edilmiş məlumat periodik olaraq buferdən SDCard yaddaş elementindəki fayla qeyd olunur. Alqoritmdən hər hansı kənarlaşmalar aşkar olunarsa mikrokontroller başlanğıc vəziyyətə gətirilir və yenidən işə buraxılır.

Məlumat interfeysinin xüsusiyyətini nəzərə almaq üçün məlumat qəbulu iki tip proqram kəsilmələri vasitəsilə həyata keçirilir:

- mikrokontrollerin hər hansı məlumat (DATA) girişindəki impulsdan işə düşən proqram modulu 10-bitlik məlumat vahidini 2-baytlıq D dəyişəninə qəbul edir;
- mikrokontrollerin takt (CLOCK) girişindəki impulsdan işə düşən proqram modulu D dəyişəninə qiyətini FIFO tipli proqram buferinə ötürür və dəyişəni sıfırlayır.

#### Nəticə

“Тесреп-У3” tipli BQQ-lərə qoşulmaq üçün nəzərdə tutulmuş kiçikölçülü İYQ-nin bir neçə nümunəsi laboratoriya və uçuş şəraitində sınaqdan keçirilmişdir. Alınmış nəticələr göstərir ki,



layihədə nəzərdə tutulmuş məsələlər tam həllini tapmışdır. İYQ-nin sadə quruluşu seriyalı istehsal üçün tam yararlıdır və müxtəlif konstruktiv dizaynlarda işlənə bilər.

## ƏDƏBİYYAT

1. Бортовое устройство регистрации полетных данных. Шифр “Тестер-У3 сер.3”. Руководство по технической эксплуатации. 8И1.582.015 РЭ.
2. Бортовое устройство регистрации полетных данных “Тестер-У3 сер.2”. Руководство по технической эксплуатации. 8И1.582.006-09 РЭ.
3. Современные технологии создания бортовых устройств регистрации полетных данных - [https://helirussia.ru/assets/res/Выставка/2014/Деловая программа/Измеритель\\_HeliRussia Опейкин А.В..pdf](https://helirussia.ru/assets/res/Выставка/2014/Деловая программа/Измеритель_HeliRussia Опейкин А.В..pdf) (22.11.2019).
4. Kəlbəyev N.N. Uçuş məlumatlarının qeydiyyatı və emalının mövcud metod və vasitələrinin araşdırılması. / MAA Elmi Məcmuələri, 2019, № 2.
5. Silicon Labs C8051F410/1/2/3 2.0 V, 32/16 kB Flash, smaRTClock, 12-bit ADC MCU - <https://www.keil.com/dd/docs/datashts/silabs/c8051f41x.pdf> (22.11.2019).
6. Silicon Labs C8051F340/1/2/3/4/5/6/7/8/9/A/B/C/D Full Speed USB Flash MCU Family - <https://www.silabs.com/documents/public/data-sheets/C8051F34x.pdf> (22.11.2019).
7. Microchip Atmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P megaAVR® Data Sheet - <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/ATmega48A-PA-88A-PA-168A-PA-328-P-DS-DS40002061A.pdf> (22.11.2019).

## REFERENCES

1. Bortovoe ustroystvo registratsii poletnikh dannikh. Shifr “Tester-U3 ser.3”. Rukovodstvo po tekhnicheskoy ekspluatatsii. 8И1.582.015 RE.
2. Bortovoe ustroystvo registratsii poletnix dannikh “Tester-U3 ser.2”. Rukovodstvo po tekhnicheskoy ekspluatatsii. 8И1.582.006-09 RE.
3. Sovremennie tekhnologii sozdaniya bortovix ustroystv registratsii poletnikh dannikh. (rus) [https://helirussia.ru/assets/res/Vistivka/2014/Delovaya programma/Izmeritel \\_HeliRussia Опейкин А.В..pdf](https://helirussia.ru/assets/res/Vistivka/2014/Delovaya programma/Izmeritel _HeliRussia Опейкин А.В..pdf) (22.11.2019).
4. Kalbiyev N.N. Uchush malumatlarinin qeydiyyatı ve emalinin movcud metod ve vasitelerinin arashdirilmesi. / MAA Elmi Mecmueleri, 2019, № 2.
5. Silicon Labs C8051F410/1/2/3 2.0 V, 32/16 kB Flash, smaRTClock, 12-bit ADC MCU - <https://keil.com/dd/docs/datashts/silabs/c8051f41x.pdf> (22.11.2019).
6. Silicon Labs C8051F340/1/2/3/4/5/6/7/8/9/A/B/C/D Full Speed USB Flash MCU Family - <https://silabs.com/documents/public/data-sheets/C8051F34x.pdf> (22.11.2019).
7. Microchip Atmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P megaAVR® Data Sheet - <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/ATmega48A-PA-88A-PA-168A-PA-328-P-DS-DS40002061A.pdf> (22.11.2019).

### **A SMALL-SIZED OPERATIONAL STORAGE DEVICE**

**N.A. Panahov, N.N. Kalbiev**

*The article discusses the project of developing a small-sized operational storage device as a part of the “Тестер-У3” type flight data recorders as an auxiliary means of recording parametric flight information. For this purpose, the data interface of this type of devices and the existing operational storage device were investigated, and the basic requirements to achieve a simplified structure for new device were determined. Based on these requirements, a drive based on a single micro-controller and its embedded software has been developed. The block diagram and the algorithm of operation of the device are given. Laboratory and flight tests confirmed the efficiency of the development and its compliance with the requirements.*

**Keywords:** *flight information, flight data recorder, operational storage device (quick access recorder), the ground flight data processing systems, micro-controller, memory card, return to zero code, a binary code pulses group.*

### **МАЛОГАБАРИТНЫЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ НАКОПИТЕЛЬ**

**Н.А. Панахов, Н.Н. Калбиев**

*В статье представлен проект разработки малогабаритного эксплуатационного накопителя в качестве вспомогательного средства регистрации параметрической летной информации в составе бортового устройства регистрации типа "Тестер-УЗ". С этой целью были исследованы интерфейс данных этого типа устройств и существующий эксплуатационный накопитель, были определены основные требования к проектируемому накопителю для достижения упрощенной структуры. Исходя из этих требований, разработан накопитель на основе единственного микроконтроллера и его встроенное программное обеспечение. Приведены структурная схема и алгоритм работы устройства. Лабораторные и летные испытания подтвердили работоспособность разработки и ее соответствие требованиям.*

**Ключевые слова:** *полетная информация, бортовое устройство регистрации, эксплуатационный накопитель, наземная система обработки, микроконтроллер, карта памяти, код с возвращением к нулю, группа импульсов двоичного кода (группа кодовых импульсов).*

#### **Müəlliflər haqqında məlumat**

**Soyadı, adı, atasının adı** Pənahov Namiq ƏliAbas oğlu  
**İş yeri** Milli Aviasiya Akademiyası  
**Vəzifəsi** Xüsusi Təyinatlı şöbə, rəis müavini  
**Maraq sahəsi** avtomatika, radiotexnika, informasiya texnologiyaları, aviasiya texnikası  
**E-mail** namigpan@gmail.com  
**Əlaqə telefonu** (+994) 50 327-41-58

**Soyadı, adı, atasının adı** Kəlbəyev Namiq Nazim oğlu  
**İş yeri** Milli Aviasiya Akademiyası  
**Vəzifəsi** Xüsusi Təyinatlı şöbə, aparıcı proqramçı  
**Maraq sahəsi** avtomatika, radiotexnika, informasiya texnologiyaları, aviasiya texnikası  
**E-mail** namiq86@gmail.com  
**Əlaqə telefonu** (+994) 55 747-73-32

**Rəyçi:** *t.f.d., Q.İ. Qarayev*

UOT 662.769.21

DOI:10.34826/NAA.2020.21.4.001

**ENERJİ MƏNBƏYİ QİSMİNDƏ HİDROGENİN XÜSUSİYYƏTLƏRİNİN TƏHLİLİ****R.N. Nəbiyev, A.A. Abdullayev, Q.İ. Qarayev**

Milli Aviasiya Akademiyası

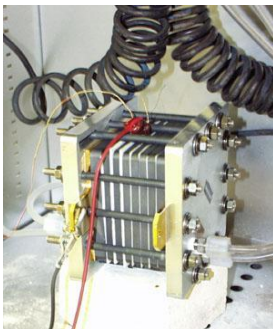
*Məqalədə hidrogen əsaslı yanacaq elementlərindən istifadənin xüsusiyyətləri, hidrogen yanacağının alınması və saxlanması üsulları, tətbiq sahələri geniş şəkildə öyrənilmiş, enerji tutumu imkanları qiymətləndirilmiş, xüsusi enerji tutumları əsasında götürülmüş ekvivalent tərkibin parametrləri müqayisəli təhlil edilmişdir. Pilotsuz uçuş aparatlarında əsas enerji mənbəyi qismində hidrogen əsaslı yanacaq elementlərindən və hidrogenlə işləyən daxili yanma mühərriklərindən az istifadə edilməsinin səbəbləri müəyyən edilmişdir. Çəkisi 15 kq-dan böyük olan pilotsuz uçuş aparatlarında enerji mənbəyi qismində hidrogen əsaslı yanacaq elementlərindən və hidrogenlə işləyən daxili yanma mühərriklərindən ibarət hibrid əsaslı qida mənbələrindən istifadənin mümkünlüyü, eləcə də hidrogenin alınması və hidrogen əsaslı yanacaq elementlərinin iş fəaliyyətinin təşkili üçün tələb olunan enerji sərfiyyatını və s. amilləri nəzərə alaraq sistemin faydalı iş əmsalının təxminən 50% təşkil etdiyi göstərilmişdir.*

**Açar sözlər:** Yanacaq elementi, hidrogen, pilotsuz uçuş aparatı, elektroliz, proton, mübadilə membranı, daxili yanma mühərriki, akkumulyator, batareya.

Hal-hazırda PUA-ların etibarlı, təhlükəsiz və dayanıqlı uçuşlarının aparılması üçün elmi-tədqiqat institutları və müxtəlif ixtisaslaşmış şirkətlər enerji mənbələrinin axtarışındadır [1, 3, 5, 11]. Bu məqsədlə hidrogen əsaslı yanacaq elementlərindən (HYE), eləcə də HYE + AB (akkumulyator batareyası) və ya HYE + DYM ibarət hibrid enerji mənbələrinin tətbiqi imkanlarının daha dərindən öyrənilməsinə və tədqiq edilməsinə ehtiyac vardır. HYE-dən təşkil olunmuş qida mənbələrinin iş prinsipi, elektrokimyəvi reaksiya nəticəsində hidrogen əsaslı yanacaqdan sabit cərəyan və istiliyin ayrılması ilə gedən prosesə əsaslanır. Elektro-kimyəvi reaksiya nəticəsində sabit cərəyan hasil edən AB-də olduğu kimi, hidrogenlə işləyən HYE-nin də konstruksiyasına anod, katod və elektrolit daxildir. Fərqli xüsusiyyətləri odur ki, HYE-də elektrik enerjisi toplanmır və o, təkrar yüklənmir. DYM-dən, eləcə də qaz, kömür, mazut və s. ilə işləyən turbin və generatorlardan fərqli olaraq, HYE-də enerjinin hasil olunması üçün yanacağın yanma prosesindən istifadə edilmir.

Nəticədə sistem, yanmış qazların ayrılması zamanı yaranan akustik küydən və titrəmədən azad olur. Yanacaq və hava ehtiyatı olduqda HYE-də fasiləsiz olaraq elektrik enerjisi hasil edilir (şək.1), bu zaman az miqdarda karbon qazı və su buxarı ayrılır [1-3].

Konstruktiv olaraq HYE-lər vahid struktura malikdir və daxilində ayrı-ayrı funksional modullar yerləşdirilir. Yanacaq qismində HYE-də istifadə edilən hidrogenin qaz halında saxlanması və daşınması üçün kompozit çənlərdən istifadə edilir. Böyük çənlərin hazırlanması və hidrogenin onlara doldurulması, istifadə üçün kiçik çənlərə boşaldılması böyük zəhmət və xərc tələb edir. Daxilində təzyiqlə 300-700 atm. olan çənə doldurulmuş hidrogen çənin ümumi çəkisinin 5-7 %-ni təşkil edir. Yüksək təzyiqli hidrogenin daşınması və qablaşdırılması üçün tələb olunan xüsusi boru və çənlərin partlama təhlükəsi olur. Avtonəqliyyat vasitələrində, HYE-nin xüsusi enerji tutumu 0,9...1 kVt\*saat/kq (çənin təxminən 5%-ə

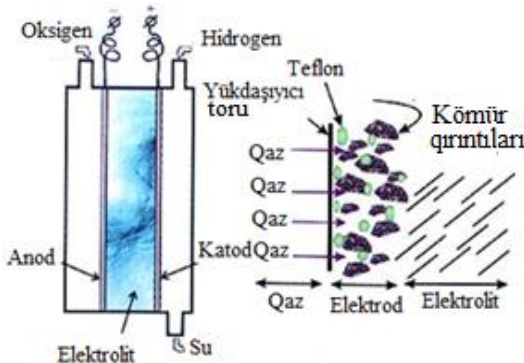


Şək. 1. Yanacaq elementi

qədəri hidrogen olarsa) təşkil edən kiçik çənlərdən istifadə edilir. Böyük nəqliyyat vasitələri ilə, məsələn, gəmi ilə daşımaq üçün hidrogeni maye halına çevirmək tələb edilir. Bu halda, HYE-nin xüsusi enerji tutumu orta hesabla 0,8...1,3 kVt\* saat/kq təşkil edir. Alınan enerjinin 35%-ə qədəri hidrogenin maye haldan qaz halına çevirilməsinə sərf edildiyi üçün, az həcmli işlərdə bu tip HYE-dən istifadə etmək səmərəli olmur.

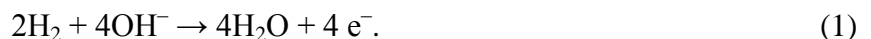
Ümumiyyətlə, HYE-yə, yanacağı saxlanılmasını, oksidləşməsinə, reaksiya nəticəsində yaranan qalıq məhsullarının və istiliyin sistemdən kənarlaşdırılmasını, elementləri ardıcıl və paralel qoşmaqla gərginliyin və cərəyanın lazımı qiymətinin seçilməsini, gərginliyin çevrilməsini (məs., inverter) və xarici dövrəyə ötürülməsini təmin edən sistem kimi baxmaq olar [4-7, 30, 32, 37].

**Hidrogenlə işləyən HYE-lərin yaranma tarixi və inkişaf mərhələləri.** 1820-ci ildə V. Sesil Kembridc filosoflar cəmiyyətində maşınların hidrogen yanacağı ilə hərəkətə gətirilməsini təklif etmişdi. 1841-ci ildə İngiltərədə hidrogen və oksigen qarışığı ilə işləyən mühərrik üçün ilk müəlliflik şəhadətnaməsi alınmışdı. İngilis alimi ser Vilyam Qrover oksidləşmə-reduksiya reaksiyası (ORR) haqqında verdiyi nəzəriyyədə oksidləşdiricinin molekullarından ayrılan elektronların istiqamətlənmiş hərəkəti nəticəsində enerjinin ötürülməsi, digər molekula keçməsi və reaksiya enerjisinin elektrik enerjisinə çevrilməsinin mümkünlüyünü nəzəri və praktiki olaraq təhlil etmişdi. Onun yaratdığı qurğu hidrogeni oksidləşdirən anoddan, hidrogeni reduksiya edən katoddan və elektrodların xarici dövrədə birləşməsi nəticəsində yaranan cərəyan dövrəsindən ibarət elektrokimyəvi sistem idi. Qrover öz qurğusunu “qaz akkumulyatoru” adlandırmışdı. Daha sonra “İmperial



Şək. 2. Qələvi elektrolitli və qazdiffuziyalı elektrodlu HYE

Chemical Industries” şirkətinin yaradıcılarından biri olan, kimyaçı alim Lüdviq Monda bu qurğuya “fuel cell” adını vermişdi. Reaksiya zamanı HYE qızdırır və reaksiya “Karno” qanunu ilə məhdudlaşır. Gedən prosesin, enerjinin heçdən yaranmaması və itməməsi qanununun tələblərini pozmadan baş verdiyi sübut edilmişdir. Reaksiya prosesində reagentlərin energetik və termal parametrlərinin dəyişməsi hesabına istilik enerjisinin bir hissəsi elektrik enerjisinə çevirildiyi sübuta yetirilmişdir. İki elektrod və qatılaşdırılmış qələvi-elektrolit tərkibdən ibarət olan Qrove aparatı - ensiz düzbucaqlı qutu formasında hazırlanmışdır (şək. 2) [27]. Qurğuda yan divarlar anod və katodu təşkil edir. Bu zaman elektrodlar verilən oksigen və hidrogen qazları ilə elektrolitin kontaktını təmin edir. Elektrik yükünün daşınması üç faza sərhəddində (elektrod, qaz və elektrolit) baş verir - elektron hidrogendən kömürün zərrəciyinə keçir, hidrogen molekulu protonlara parçalanaraq hidrosil molekulları ilə reaksiyaya girir [2, 29]:



Sonra, elektronlar kömürün bir zərrəciyindən digərinə - cərəyan yığıcısına, oradan xarici dövrəyə, daha sonra katoda və oksigen molekuluna doğru hərəkət edirlər. Bu zaman oksigen molekulu ionlaşır və iki su molekulunun hər birindən bir proton götürməklə hidrosil birləşməsi radikallarını yaradır:



Aparatın üstünlükləri: FİƏ-nin yüksək (termodinamik - 83%, real HYE qismində - 70%-ə yaxın) olması, hərəkətli hissələrin və ölçülərinə məhdudiyyətin olmamasıdır [3, 26, 28, 37].

1852-ci ildə Almaniyanın Münhen şəhərində Kristian Teytman hidrogen-hava qarışığı ilə işləyən mühərrik hazırlamışdır. 1920-ci illərdə Q.F. Rikardo və A.F. Brustell hidrogen-hava qarışıqlı DYM-in iş prinsipini ətraflı araşdırmış, bu işlərdə “əks alov effekti”ni tətbiq etmişdilər. Həmin dövrdə “Çepelin” şirkətinin istehsal etdiyi hava şarlarında hidrogen mühərriklərindən istifadəyə başlanılmışdır. 1928-ci ildə bu tip hava şarları ilə Aralıq dənizi üzərindən ilk sınaq uçuşu keçirilmişdir.



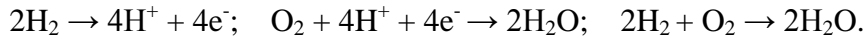
1920-1940 illərdən başlayaraq Almaniya, İngiltərə, Rusiya və ABŞ alimləri tərəfindən hidrogenin müxtəlif mühitlərdə (oksigen və havada) yanma reaksiyaları öyrənilməyə başlanılmışdır. Hidrogen-hava qarışığı ilə işləyən mühərriklərin inkişaf tarixində əsas HYE-lər 1920-1930 illərdə Rudolf Erren tərəfindən aparılmış elmi tədqiqat işləri tutur [4]. O, ilk dəfə hidrogen mühərriklərində "daxili qarışıq yanma" texnologiyasını tətbiq etmişdir. Burada hidrogen DYM-in silindirinə divarından verilirdi. Bu da əks alovun yaranma təhlükəsini azaldırdı. Bununla yanaşı mühərrikdə əsas yanacağın verilməsi sistemi mövcud idi və istənilən yanacaq növü ilə, həmçinin hidrogen əlavə edilməklə maye yanacaq ilə işləyə bilərdi. Erren bir neçə növ mühərrikləri, həmçinin "Leyland" avtobusunun dizel mühərriki hidrogenlə işləyən mühərrikə çevirmiş və onun tərəfindən London yaxınlığında hidrogen-hava qarışığı ilə işləyən DYM-li avtobusun sınağı uğurla keçirilmişdir. Giriş taktında silindrə oksigenin su buxarı ilə qarışığı, sıxılma taktında isə hidrogen verilirdi. Yanma zamanı yaranan su buxarı mühərrikin giriş taktına az da olsa qayıdır və qismən kondensasiyaya uğrayırdı. Mühərrik işlənmiş qazları xaricə buraxmadan işləyə bilirdi. Bu səbəbdən sualtı qayıqlarda DYM-də yanacaq qismində hidrogendən istifadə etmək mümkün idi. Həmin dövrdə Almaniya avtodrezinlərdə hidrogendən istifadə edilirdi. Bu məqsədlə hidrogen, yanacaq doldurma stansiyalarında suyun təzyiqlə altında elektrolizi üsulu ilə istehsal olunurdu [9-11].

Hidrogendən yanacaq qismində istifadəyə II Dünya müharibəsi illərindən başlanılmışdır. Sovet alimləri tərəfindən II Dünya müharibəsi zamanı avtomobillər üçün DYM-də yanacaq qismində hidrogendən istifadənin sınağı uğurla keçirilmişdir. 1941-ci ildə mühəndis B.İ. Şeliş Sankt Peterburqun mühasirəsi zamanı maneə aerostatlarını hərəkətə gətirmək üçün "QAZ AA" avtomobil mühərriklərindən istifadə etməklə "hidrogen-hava qarışığı"nın yanacağına çevrilməsini tətbiq etməyə başladı. Onlarda havanın miqdarı 15-20 %-ə çatırdı və əks alov aerostatın partlamasına səbəb ola bilirdi. Bunun qarşısının alınması üçün Şeliş mühərrikin önündə su kranı və mümkün vasitələrdən istifadə etməklə digər mühafizə tədbirləri tətbiq etmişdir. Müharibə illərində SSRİ-də maneə aerostatlarını işə salan 400-dən artıq avtomobil mühərrikləri hidrogen ilə işləyirdi. II Dünya müharibəsindən sonra hidrogen yanacağı ilə işləyən mühərriklərin hazırlanması istiqamətində tədqiqat işləri dünyanın bir çox ölkələrində davam etdirildi. Lakin sonralar tədqiqatların aktivliyi əvvəlki illərlə müqayisədə nəzərə çarpacaq dərəcədə azaldı. Ucuz neft və karbohidrat yanacaqları ilə işləyən nəqliyyat vasitələrinin artması, ekoloji problemlərin nəzərə alınmaması hidrogen əsaslı yanacaq texnologiyalarının inkişafını prioritet etmirdi. Bu istiqamətdə işlərin davam etdirilməsinin vacibliyi 1970-ci illərdə ilk neft böhranı və böyük şəhərlərdə ekoloji vəziyyətin kəskin pisləşməsi ilə aktuallaşdı. 1980-ci illərdən etibarən ABŞ, Yaponiya, Almaniya, SSRİ, Kanada və s. ölkələrdə nəqliyyat vasitələrində hidrogen, benzin-hidrogen, hidrogen-təbii qaz qarışıqları ilə işləyən hidrogen əsaslı DYM-li təcrübi avtomobil nümunələri istehsal edilir [13, 21, 25].

1970-ci illərin əvvəllərində Avstriyalı alim K. Kordeş 6 kVt gücündə olan hidrogen-qələvi əsaslı HYE ilə işləyən ilk eksperimental elektromobil yaratdı. Sonrakı illərdə bu istiqamətdə əsas işlər hidrogen-hava əsaslı HYE ilə işləyən effektiv və ucuz mühərrikin yaradılması oldu. SSRİ-də hidrogen energetikası və texnologiyasının geniş tədqiqatlarına 1970-ci illərin ortalarından başlanılmışdır. Təmiz hidrogen və hidrogen birləşməli qazların təbii yanacaqlardan, sudan və ənənəvi olmayan xammallardan alınmasının yeni texnologiyaları üzərində iri həcmli işlər görülmüşdür. Saxlanması, daşınması, eləcə də energetika, avtonəqliyyat, aviasiya, raket texnikası, metallurjiya, kimya sənayesi və s. sahələrdə istismar texnologiyaları hazırlanmışdır. Tədqiqatların əsas məqsədi, tullantıların zəhərlilik dərəcəsini azaltmaq, ilkin enerji resurslarından istifadənin səmərəliliyini artırmaq, avtomobil və uçuş aparatlarının yanacaq təminatı problemini yaxşılaşdırmaq, mövcud DYM-li nəqliyyat vasitələrinin bazasında həm hidrogen, həm də benzin-hidrogen qarışığı ilə işləyən nəqliyyat sistemi yaratmaq, eləcə də hidrogen əsaslı HYE-nin bazasında tullantısız mühərrik qurğularını hazırlamaq idi. Tədqiqatçılar tərəfindən hidrogen və benzin-hidrogen DYM-in iş prosesi (hidrogen-hava qarışığının qaynar qaz tullantıları ilə kontaktı nəticəsində əks alov prosesinin yaranmaması) öyrənilmiş və bu zaman partlayışın olmaması üçün üsullar hazırlanmışdır. Mühərriklərin hidrogen, benzin-hidrogen qarışığı və benzinsiz dayanıqlı işləməsi, həmçinin yüksək və aşağı temperaturlu metallhidrid birləşməli hidrogenin təyyarədə effektiv saxlanması sistemi yaradılmışdır.



**HYE-nin iş prinsipi.** HYE-də anod və katod, protonları keçirən elektrolit ilə bir-birindən ayrılır. Hidrogen atomları anoda, oksigen atomları katoda daxil olduqda kimyəvi reaksiya başlayır. Nəticədə elektrik enerjisi, su və istilik ayrılır. Anodun katalizatorunda molekulyar hidrogen dissosasiya olunmağa və özündən elektronlar xaric etməyə başlayır. Hidrogen ionları (protonları) isə elektrolitdən keçir və katoda istiqamətlənirlər. Bu zaman elektrolit özündən xarici elektrik dövrəsinə elektronlar generasiya edir və dövredə sabit cərəyan formalaşır. Katodun katalizatorunda olan oksigen molekulları, xarici dövredən gələn elektronlar və elektrodan keçib gələn protonlar ilə birləşir. Anodda, katoda və ümumilikdə gedən reaksiyaları aşağıdakı kimi yazmaq olar [2, 3, 12, 13]:



HYE-də hər bir element (modul) maksimal olaraq 0.5-0.6 V gərginlik hasil edir. HYE-nin dəyərinin yüksək olmasına səbəb, istehsal texnologiyasının, oksigen və hidrogen elementlərinin sənaye və ya laboratoriya üsulu ilə istehsalının mürəkkəb və baha olması, həmçinin bahalı katalizatordan, eləcə də polimer elektrolitdən istifadədir.

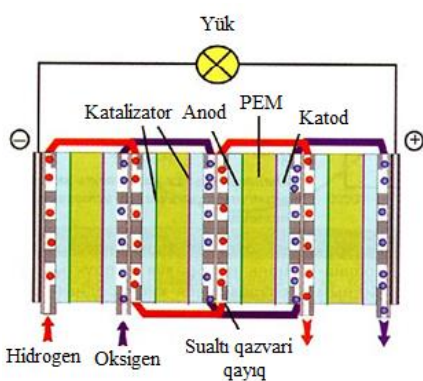
Sistemin əsas xüsusiyyətləri:

– cəld işə düşməsi (2 dəqiqəyə qədər) və istənilən temperaturda (0...+50 °C) soyuq işə salınması və konstruksiyasında dəyişiklik etmədən gücünün, eləcə də enerji hasilinin tənzimlənməsi imkanının olması;

- çıxış gücünün tənzimlənməsinin real zamanda istifadəçidən asılı olması;
- etibarlılığının (az sayda birləşdirici detallardan hazırlanması) yüksək olması;
- HYE-nin blok-modul formalı hazırlanması;
- küyün olmamasıdır.

**HYE-nin tipləri.** HYE-lər, tətbiq sahələrindən və istehsal texnologiyalarından asılı olaraq, aşağı və yüksək temperaturlu olmaqla iki əsas növə bölünürlər. Birincilərdə, yanacaq qismində təbii qazdan emal edilən nisbətən təmiz hidrogendən istifadə edilir. Bu da əlavə enerji sərfiyyatını və köməkçi qurğuların olmasını tələb edir. İkincilər isə əlavə proseslərin aparılmasını tələb etmir və enerji daxili çevrilmələr hesabına hasil edilir. Bu da hidrogen enerjisindən istifadə infrastrukturuna əlavə vəsaitin yatırılması problemini aradan qaldırmış olur. İstifadə edilən elektrolitin və yanacağın tipindən, həmçinin temperatur çevrilməsindən asılı olaraq HYE, aşağıda göstərilən istiqamətlərdə sürətlə inkişaf etmişdir.

1. **PEMFC (Polimer Electrolyte Membrane Fuel Cell)** - polimer elektrolit membranlı HYE (PEMYE). Bu tip HYE-də elektrolit qismində bir neçə millimetr qalınlığında olan polimer



Şək. 3. PEMYE texnologiyası

membrandan (PEM) istifadə edilir. Onun tərkibi, əsas karbon zəncirinə yandan SO<sub>3</sub> - birləşməsi qoşulan polivalentli turşunun nisbətən böyük molekullarından təşkil olunmuşdur. Polimer təbəqədə əsasən "Nafion" adı ilə tanınan poli-perftorsulfon politurşularından (tetraftoretillen) istifadə edilir. Müasir HYE-də "Nafion" təbəqə çox nazik (50-250 mkm) olur və hər iki tərəfdən (anod və katod) katalizatorla örtülür. Laylarına yüklü zərrəciklərin yaxşı keçməsi - cərəyanın axması üçün katalizator məsaməli formada hazırlanır. Katod və anoda oksigen və hidrogen gətirən kanallar, bu elektrodla yapışdırılmış lövhələrə birləşdirilir [7]. Maksimal gücdə işləyən zaman bir elementdə gərginlik təxminən 0.5-0.6 V təşkil edir (şək.3). Məhlulun tərkibində karbonoksidin payı 10-100 mq/kq olduqda, bərpaedici qismində təmiz hidrogendən istifadə edilir. PEMYE-də polimer

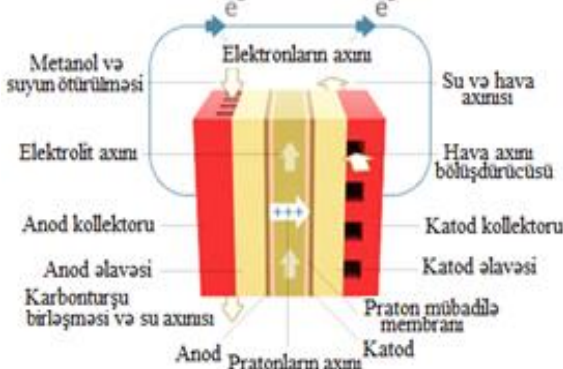
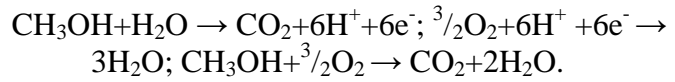
membran, su molekulları ilə birləşmiş və H<sub>2</sub>O<sup>+</sup> su ionlarının hesabına keçiriciliyə malik polimer liflərdən təşkil olunmuşdur. İon mübadiləsinə sürətləndirmək üçün yanacağın və çıxış elektrodlarının tərkibində suyun konsentrasiyasının yüksək olması tələb olunur. Nəticədə, işçi temperatur 100 °C-də məhdudlaşır. PEMYE-nin iş prinsipinə, anodda hidrogen molekulunun proton və elektrona parçalanması nəticəsində istiqamətlənmiş müsbət yüklərin PEM-dən keçməsi və bu

zaman yaranan sərbəst elektronların xarici dövrəyə ötürülməsi daxildir. Protonlar polimerdə sərbəst hərəkət edir. Katodda hidrogen ionlaşır (bərpa olur) və oksigen ilə oksidləşməsi prosesi gedir. Nəticədə kimyəvi enerji elektrik enerjisinə çevrilir (FİƏ 60 % qədər) və təmiz su buxarı xaric olunur [1, 2, 8, 37].

PEMYE-lər digər tip HYE-lər arasında özünəməxsus tətbiq sahələri tapmışdır və əsasən, nəqliyyatda (hidrogen ilə işləyən avtomobillərin təxminən hamısında), eləcə də portativ cihazlarda əsas və ya ehtiyat qida mənbələri qismində istifadə edilir. Hidrogen enerjisi ilə işləyən və gücü 10 kVt-a qədər olan stasionar qurğuların təxminən 75%-nin enerji sistemləri PEMYE texnologiyası ilə hazırlanır.

FCFCP (Çin), Cellkraft AB (İsveç), European fuel cell GmbH (Almaniya), h-tec Hydrogen Energy Systems (Almaniya), Honda (Yaponiya), IdaTech (ABŞ), Ballard Power Systems (Kanada) şirkətləri PEMHYE texnologiyası ilə enerji mənbələri istehsal edir.

2. **DMFC (Direct Methanol Fuel Cell)** - metanolun birbaşa oksidləşmə effektivinə əsaslanan HYE (**MOƏYE**) proton mübadilə membranlı (PMM) quruluşa malik olub, iş prinsipi metanolun hidrogenə parçalanması effektivinə əsaslanır. HYE-nin hazırlanmasına 1990-cı illərdən başlanılmışdır. Katalizator təkmilləşdirildikdən sonra HYE-nin FİƏ-si 40%-ə qədər yüksəldilmişdir. 50-140 °C temperatur diapozonunda işləmə rejimləri mövcuddur. PEMYE-də olduğu kimi bu tip HYE-də də elektrolit qismində polimerlərdən, yükdaşıyıcılar qismində isə hidrogen ionlarından (proton) istifadə edilir. Maye halda olan metanol (CH<sub>3</sub>OH) katalizatorun iştirakı ilə anodda su ilə oksidləşir, bu zaman CO<sub>2</sub>, hidrogen və elektronlar ayrılır (şək. 4). Elektronların xarici elektrik dövrəsinə istiqamətlənməsi nəticəsində elektrik enerjisi hasil olunur. Protonlar (H<sup>+</sup>) katodda PMM-dən keçir, oksigen molekulları ilə reaksiyaya girir və su əmələ gətirir. Anodda, katodda və ümumilikdə gedən reaksiyalar aşağıdakı kimi yazılır [2, 36-38]:



Şək. 4. MOƏHYE texnologiyası

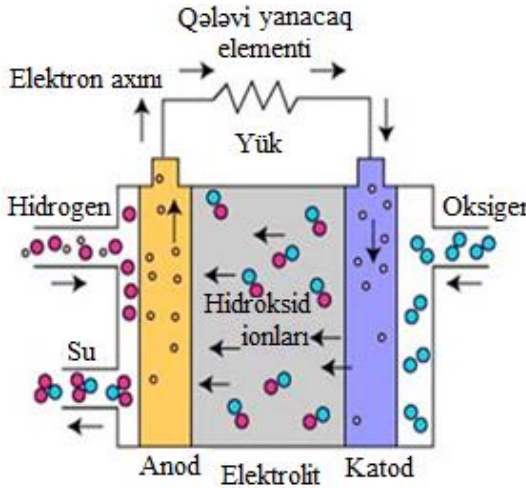
saxlanılmasının mümkün olması. Hidrogen 800 atm. təzyiqdə xüsusi çənlərdə saxlanılır və sıxılmış halda çənin ümumi çəkisinin 5-7 %-ni təşkil edir. Metanol üçün bu nisbət 13% olur. 60-62%-li metanol qarışığından 0.9-1.2 kVt.saat/kq-a qədər enerji əldə etmək mümkündür. Qeyd edilən enerji tutumu məlum enerji sistemləri arasında (hidrogen, benzin, dizel və s.) ən səmərəlisidir. MOƏYE texnologiyasında metanoldan təmiz hidrogenin ayrılması prosesi xarici konvertora ehtiyac olmadan fasiləsiz olaraq elektrolitdə baş verir. PEMYE ilə müqayisədə MOƏYE-nin çatışmayan cəhəti kimyəvi reaksiyanın effektiv aparılması üçün 50-120 °C temperaturun tələb edilməsidir. Reaksiyanın aşağı temperaturda aparılması məqsədi ilə bahalı platin katalizatorlardan istifadə edilir. Nəticədə istehsal olunan qurğunun və enerjinin dəyəri yüksəkdir. Katalizatorun qiymətinin yüksək və metanol spirtinin zəhərli olması (10 qramı insanı kor edir, 30 qram isə öldürmək qabiliyyətinə malikdir) metanoldan yanacaq elementi qismində istifadəni məhdudlaşdırır və MOƏYE texnologiyasının inkişafına mane olur.

Nəqliyyatda, mobil rabitədə, məsafədən idarə olunan cihazlarda və notbuklarda enerji mənbəyi qismində MOƏYE-dən istifadə edilir. Metanol ilə işləyən yanacaq elementi, hidrogenlə işləyən HYE kimi, perspektivli enerji mənbəyi sayılır və yaxın gələcəkdə portativ cihazlarda daha aktiv istifadəsi üçün elmi tədqiqat işləri davam etdirilir [1, 14, 15].

3. **AFC (Alkaline Fuel Cell)** - qələvi yanacaq elementi (QYE) çox öyrənilmiş yanacaq elementi növü olub, istismarına 1960-cı illərin ortalarında NASA-nın "Apollon" və "Space Shuttle"

proqramlarının icrası zamanı kosmik peykin bortunda içməli su və elektrik enerjisinin hasil edilməsi məqsədi ilə başlanılmışdır. Bu HYE-nin elektrodlarında katalizator qismində nazik platin lövhədən istifadə edilir. Elektrik enerjisinin hasil olunmasının FİƏ 70% təşkil edir. HYE-də elektrolit qismində, matrisada stabilləşdirilmiş məsamələrdə saxlanılan kalium-hidroksidin (KOH) sulu məhlulundan istifadə edilir (şək. 5).

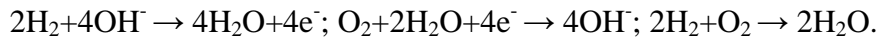
Qabarit ölçülərinin çox böyük olması hesabına QHYE xüsusi güc göstəricilərinə görə PEMYE-ni əhəmiyyətli dərəcədə üstələyir. QYE-də yanacaq və oksidləşdirici qismində, uyğun olaraq təmiz hidrogendən və oksigendən istifadə edilir.



Şək. 5. QYE texnologiyası

suyun ayrılması kimi üstün xüsusiyyətləri vardır. HYE-nin 65-220 °C-yə qədər dəyişən işçi temperaturundan asılı olaraq QYE-də elektolit qismində istifadə olunan məhlulda kaliumhidroksidin konsentrasiyası dəyişə bilər.

QYE-də, yükdaşıyıcı qismində çıxış edən hidroksid (OH<sup>-</sup>) ionları, katoddan anoda hərəkət edir, hidrogen ilə reaksiyaya girir, nəticədə su və elektronlar hasil edilir. Anodda alınan su, katod istiqamətində əksinə hərəkət edir və təkrar hidroksid ionlarının generasiya olunmasında iştirak edir. HYE-də ardıcıl gedən reaksiyaların nəticəsində elektrik və istilik enerjisi ayrılır. Anodda, katodda və ümumilikdə gedən reaksiyaları aşağıdakı kimi yazmaq olar:



Hal-hazırda QYE texnologiyasının yeni növü - yanacaq qismində kimyəvi tərkibindən hidrogen ayrılan borhidridnatriumdan və elektrolit qismində qələvi birləşmələrdən istifadə edilən borhidridnatriumun (NaBH<sub>4</sub>) birbaşa oksidləşməsinə əsaslanan yanacaq elementinin (BƏYE) hazırlanması istiqamətində işlər davam etdirilir. Metanol ilə müqayisədə borhidridnatrium və tetraboratnatrium az zəhərli, həmçinin borhidrid böyük enerji tutumuna malikdir. Bu tərkibdən istifadə etməklə əlvan metallardan hazırlanan katalizatora çəkilən xərci azaltmaq olur. QYE-ləri əsasən Fuji Electric (Yaponiya) və Korea Gaz (Koreya) şirkətləri istehsal edir.

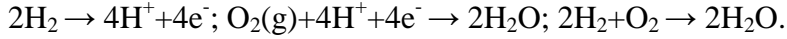
4. **PAFC (Phosphoric Acid Fuel Cell)** - elektrolit qismində maye fosfat turşusundan istifadə edilən yanacaq elementi (MFTYE) kommersiya təyinatlı ilk yanacaq elementi sayılır və iri həcmli stasionar obyektlərdə elektrik enerjisinin və istiliyin hasilatı məqsədi ilə istehsal edilmişdir. Yanacaq elementinin alınması texnologiyaları arasında bu, köhnəmiş üsul sayılır. Yanacaq elementinin hazırlanmasına 1960-cı illərdə, ilkin sınaqlarına isə 1970-ci illərdə başlanılmışdır. Hazırda dayanıqlığı və işçi göstəriciləri yüksək, maya dəyəri aşağı HYE hazırlanmışdır. Yanacaq elementində elektrolit qismində konsentrasiyası 100% olan ortofosfat turşusundan (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) və yükdaşıyıcılar qismində hidrogen ionlarından istifadə edilir. Enerjinin yaranması PMM texnologiyasına uyğundur.

Yanacaq elementində, yanacaq qismində təbii və ya bio qazdan emal edilən hidrogenin təmizliyinə qoyulan tələb, PEMYE-yə nəzərən aşağı olur. ORR 150-220 °C temperaturda aparılır.

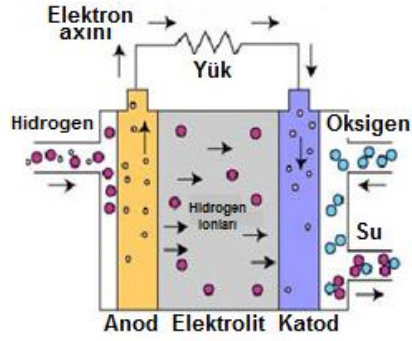


Hidrogen anodda proton və elektrona parçalanır (şək.6). Yaranan protonlar elektrolitdən keçərək oksigen ilə birləşirlər və nəticədə, su-hava tərkibli qarışıq və elektrik enerjisi alınır.

Anodda, katodda və ümumilikdə gedən reaksiyaları aşağıdakı kimi yazmaq olar:



HYE-də elektrik enerjisinin generasiyasının FİƏ 40%-ə bərabər olur. Həsıl edilmiş istilik və elektrik enerjisi kombinə olunmuş şəkildə qəbul edilərsə, bu göstərici təxminən 85% olur. Tərkibində CO<sub>2</sub>-nin konsentrasiyası 1.5% olduqda da yanacaqdan istifadə etmək mümkündür. Bu da HYE üçün yanacaq seçim imkanını genişləndirir.



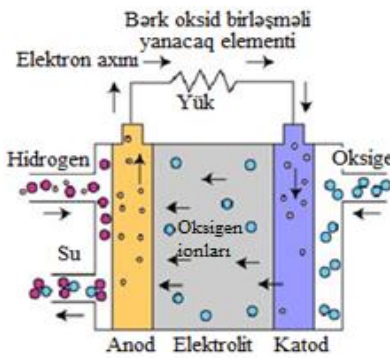
Şək. 6. MFTHYE texnologiyası

Konstruksiyasının sadə və elektrolitin buxarlanma səviyyəsinin aşağı olması, eləcə də yüksək stabilliyi MFTHYE-nin əsas üstünlükləridir.

MFTHYE-nin dəyəri QHYE-dən ucuzdur, lakin alınma dəyərinə görə enerjinin qiyməti bahadır. Yüksək temperaturda işləməsi HYE-nin tətbiqini məhdudlaşdırır. HYE-ni ABŞ-ın "UTC Power", Yaponiyanın "Fiji Elektrik" və Koreyanın "Korea Gas" şirkətləri istehsal edir. HYE-nin dünya üzrə ümumi istehsal payı təxminən 75 MVt təşkil edir [1, 3, 25, 37].

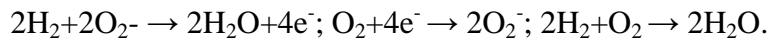
#### 5. SOFC (Solid Oxide Fuel Cell) - bərk keramik

elektrolitli HYE (BKEHYE) yüksək temperaturda işləmə xüsusiyyəti ilə fərqlənir (600-1000 °C). Yanacaq qismində hidrogen, təbii və ya bio qazdan istifadə olunur. BKEHYE-də katalizatorlardan istifadə edilmir, elektrolit qismində oksigen (O<sub>2</sub>) ionlarının ayrılmasını təmin edən keramik əsaslı nazik bərk metal oksiddən (sirkon və itteriya ərintilərindən) istifadə edilir. Məlumdur ki, 1950-ci illərin sonlarından başlayaraq BKEHYE müstəvi və boruşəkili olmaqla iki konfigurasiyada hazırlanır. MaHYE elektrolitdə olduğu kimi, məsaməli bərk elektrolitdə də qazların bir elektrodan digər elektroda hermetik keçidi təmin edilir. HYE-də yükdaşıyıcılar qismində O<sub>2</sub><sup>-</sup> ionları iştirak edir. Havada olan oksigen molekulu, katodda O<sub>2</sub><sup>-</sup> ionlarına və 4 elektrona parçalanır. O<sub>2</sub><sup>-</sup> ionları elektrolitdən keçir və hidrogen ilə birləşir (şək. 7). Bu zaman əlavə olaraq 4 sərbəst elektron ayrılır. Elektronların xarici elektrik

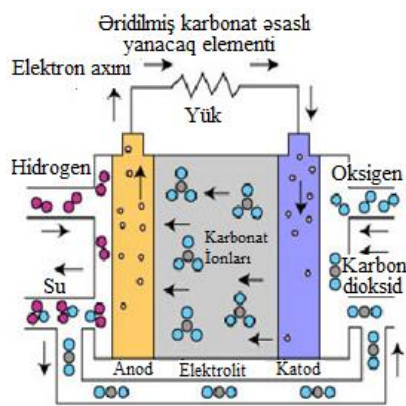


Şək. 7. BKEHYE texnologiyası

dövrəsinə istiqamətlənməsi nəticəsində kombinə olunmuş şəkildə elektrik və istilik enerjisi həsıl olunur (FİƏ təxminən 70% olur). Anodda, katodda və ümumilikdə gedən reaksiyaları aşağıdakı kimi yazmaq olar:



İşçi temperaturunun yüksək olması, HYE-nin optimal işçi vəziyyətə gəlməsi üçün müəyyən vaxt tələb edir və o, yanacaq sərfiyatının dəyişilməsinə aşağı sürətlə reaksiya verir. Bu, həm də, HYE-də H yanacağının təmizliyinə qoyulan tələbləri və istilik-elektrik qurğusunun mütləq dərəcədə təmiz yanacaqdan asılılığını azaldır. İstismar zamanı yüksək temperatura qədər qızmış zonanın yaranması bahalı konstruksiyalı materialların və yardımçı qurğuların tətbiqini tələb edir. HYE-dən sənayenin müxtəlif sahələrində böyük güclü elektrik enerjisi (100 kVt çıxış gücü) tələb olunan HYElərdə istifadə edilir. Əsasən - Acumentrics (ABŞ), Ceramic Fuel Cells Limited (CFCL, Avstraliya), Mesoscopic Devices LLC (ABŞ), Nano Dynamics Energy, Inc.

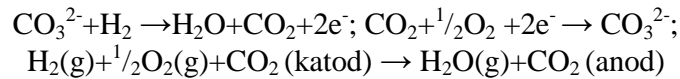


Şək. 8. ƏKƏHYE texnologiyası

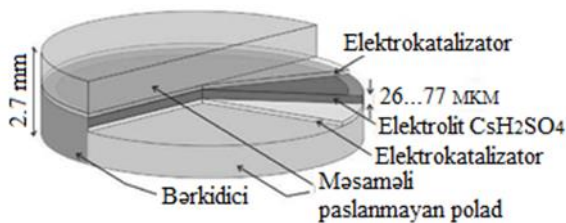
(ABŞ), Rolls-Royce (ABŞ), Siemens Westinghouse (Almaniya) şirkətləri tərəfindən istehsal edilir.

6. MCFC (Molten Carbonate Fuel Cell) - əridilmiş karbonat əsaslı (litium, kalium və ya natrium duzları) yanacaq elementinin (ƏKƏYE) istehsal texnologiyası 1960-cı illərin ortalarında

yaradılmışdır. İşləmə prinsipinə görə yüksək (600-700°C) temperaturu HYE tipinə aiddir. Bu da imkan verir ki, yanacaq prosessoru və katalizator olmadan fasiləsiz olaraq təbii qazdan enerji hasil edilsin. Belə ki, yüksək temperatur nəticəsində, təbii qazın parçalanması reaksiyası sürətlənir və yanacaq prosessorunun vacibliyinə olan tələbat azalır. Müsbət xüsusiyyətlərinə, konstruksiyasında standart materiallardan, məs., elektrodlarında paslanmayan polad lövhələrdən və nikel katalizatorlardan istifadənin mümkünlüyü daxildir (şək.8). HYE-də elektrolit qismində əridilmiş karbonat duzlarından (litiumkarbonat-kaliumkarbonat və yaxud litiumkarbonat-natriumkarbonat) istifadə edilir. Sistemin FİƏ 60-80 % təşkil edir. 650°C temperatura qədər qızdırıldıqda duzlarda ionlaşma prosesi başlayır. Yaranan ionlar ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) katoddan anoda doğru hərəkət edir və hidrogen ilə birləşirlər. Reaksiya nəticəsində: su, karbon-dioksit, sərbəst elektronlar və istilik ayrılır. Anodda, katodda və ümumilikdə gedən reaksiyaları aşağıdakı kimi yazmaq olar:



Sənayedə ƏKƏYE-nin geniş tətbiq edilməsinin 3 əsas səbəbi var: HYE qismində metanol və yaxud sintetik yanacaqlardan istifadə etmək imkanının olması, enerjinin alınması zamanı yanacaq çeviricisi tələb olunmaması (yanacaqdan birbaşa istifadə olunur) və elektrokimyəvi prosesin bahalı katalizator tələb etməməsi. Reaksiyanın yüksək temperaturda getməsi və ya işçi rejimin əldə edilməsi üçün müəyyən vaxtın tələb edilməsi səbəbindən, ƏKƏYE-nin yanacaq sərfiyyatının dəyişməsinə zəif reaksiya verməsi kimi müsbət xüsusiyyətləri var. Qeyd edilən xüsusiyyətlər, HYE-dən sabit gücə malik enerji mənbəyi qismində istifadə etməyə imkan verir. Həmçinin, yüksək temperatur HYE-nin karbon qazı ilə çirklənməsinə maneə olur. HYE-nin işçi rejimə gətirilməsi müəyyən vaxt tələb etdiyinə görə çıxış gücünün operativ olaraq tənzimlənməsi mümkün olmur. Bu səbəbdən ƏKƏYE texnologiyasından iri həcmli stasionar enerji mənbələrində istifadə edilir. Ayrılan istilikdən (yüksək təzyiqli buxar) sənaye və kommertiya təyinatlı müxtəlif sahələrdə istifadə etmək mümkündür. Yüksək temperaturda gedən reaksiyalar nəticəsində korroziyanın yaranması və konstruksiyasına daxil olan elementlərin istismar müddəti başa çatmadan köhnəlməsi çatışmayan cəhətlərinə daxildir. Sənaye üsulu ilə çıxış gücü 2.8 MVt gücündə enerji mənbələri istehsal edilir. Bu tip HYE-ni Ansaldo Fuel Cells SpA (İtaliya), GenCell Corporation (ABŞ), FuelCell Energy (ABŞ), MTU CFC Solutions GmbH (Almaniya) şirkətləri istehsal edir [3, 12].



Şək. 9. BTBYE texnologiyası

arasında çoxsaylı kontaktlar yaratmaq qabiliyyətini saxlamaq şərti ilə yanacaq, elektrodların məsamələrindən buxarlanıb çıxır [2].

**8. MAFC (Metal Air Fuel Cells)** bərk yanacaq əsaslı HYE (BYƏYE). HYE-də elektrolit qismində kaliumhidroksiddən (KOH), yanacaq qismində alüminium, manqan, kalsium, sink və dəmirdən istifadə edilir. Texnologiyanın tətbiq olunması təklif olunan əsas sahələrə avtomobil sənayesini və kiçik həcmli stasionar obyektləri göstərmək olar. Bu tip HYE nəzəri olaraq layihələndirilmiş, praktiki olaraq istehsal edilməmişdir [3].

Cədvəl 1-də müxtəlif texnologiyalar ilə istehsal olunan HYE-lərin texniki göstəriciləri ümumiləşdirilmiş şəkildə verilmişdir.

**Aviasiyada hidrogenin tətbiqi istiqamətləri.** PUA-da tətbiq olunan mühərriklər işləmə prinsipinə görə aşağıdakı növlərə bölünür: AB-li, HYE-li, DYM-li və hibrid (AB-DYM, AB-HYE, hidrogen əsaslı DYM). AB-li PUA-ların küyü aşağı və uçuş müddəti orta hesabla 2-3 saat olur. DYM-li PUA-lardan istifadə etdikdə bu göstəricilər çoxalır, nəticədə uçuş aparatının çəkisi, qanad uzunluğu, yaranan səs və ayrılan istilik hesabına təhlükəsiz uçuş ehtimalı (aşkarlanma) və s. əsas



parametrlər yüksəlir. Bu səbəbdən çəkisi 10-15 kq qədər olan PUA-da hibrid və yaxud DYM tipli enerji mənbələrindən istifadə etmək az yayılmışdır [14-20]. Hazırda bir çox şirkətlər HYE-li pilotlu və pilotsuz UA-ları istehsal edir. Belə ki, ABŞ-ın “Boeing”, “UQM Technologies” və “Horizon Energy Systems” şirkətlərində, Almaniyanın “Fraunhofer” İnstitutunda, Çin Xalq Respublikası (ÇXR) və Rusiyanın (RF) Elmi-Tədqiqat mərkəzlərində helikopter, multikopter və planer tipli UA-lar (məs. “Phantom EHYE”-ABŞ, “HyDrone 1500 MMC” ÇXR, “İnspektor-1 RF) istehsal olunmuşdur.

Cədvəl 1

## Müxtəlif texnologiyalar ilə istehsal olunan hidrogenlə işləyən HYE-lər

S/s	Texnologiya	Elektrolitin və yanacağın tipi	Reaksiyanın getmə temperaturu, °C	Elektrik enerjisinin alınmasının FİƏ	Texnologiyanın vəziyyəti
1	PEMYE (PEMFC)	Polimer membranlı – təmiz hidrogen	30-100	30–35 (hibridlərdə 70%)	Daşınan qurğularda
2	MOƏYE (DMFC)	Polimer membranlı – metanol	20-90	20-40 % qədər	Nəqliyatda
3	QHYE, BƏHYE (AFC, DBFC)	Kalium hidroksid – təmiz hidrogen (borhidridnatrium)	25–75 və ya 100–250	50–60 % qədər 40-65 %	Kosmik sənayedə
4	MFTHYE (PAFC)	Fosfor turşusu – təmiz hidrogen	100–220	37–42 % (hibridlərdə 85%)	Böyük sənaye qurğularında
5	BKEYE (SOFC)	Keramik element – hidrogen, təbi qaz, metanol, etanol və s.	650-1000 450–1000	50% (hibridlərdə 80%)	Kiçik, orta və böyük qurğularda
6	ƏKƏYE (MCFC)	Litium və natrium karbonat – təbii qaz, bio qaz, sintetik qaz, metan, propan	650	50% (hibridlərdə 85%)	Orta və böyük ölçülü qurğularda
7	BTBYE	C <sub>s</sub> HSO <sub>4</sub>	100-300		Tədqiq olunur
8	BYƏYE (MAFC)	kaliumhidroksid – alüminium, maqniyum, kalsium, sink, dəmir	-	-	Layihə səviyyəsində

Cəd. 2-də müxtəlif növ (AB, DYM, hibrid və HYE) enerji mənbələrinin texniki göstəriciləri müqayisə edilmişdir [16, 22-24, 26-34, 39, 40]. Müəyənləşdirilmişdir ki, HYE-nin FİƏ və çəkiyə nəzərən xüsusi enerji tutumu digər tip enerji mənbələrindən yüksəkdir. Lakin, həcmə nəzərən xüsusi enerji tutumu müqayisə olunan digər tip enerji mənbələrindən 3-4 dəfə azdır. Bu səbəbdən PUA-da HYE-dən az istifadə edilir.

Cədvəl 2

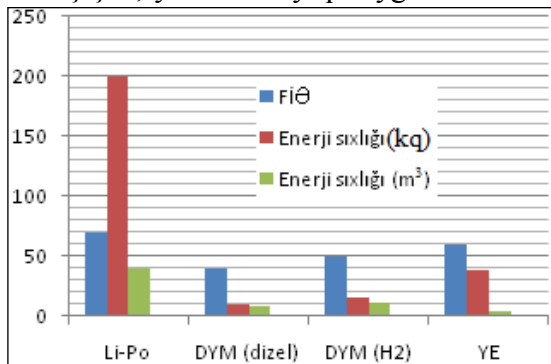
## Müxtəlif növ enerji mənbələrinin texniki göstəriciləri

S/s	Göstəricilər	Akkumulyator batareyası (Li-Po)	DYM (dizel)	Hibrid DYM (qaz)	Yanacaq elementi (hidrogen-PEMYE)
1	FİƏ, (%)	70	40	50	60
2	Xidmət müddəti, (il)	4	7	5-6	15
3	Enerji sıxlığı, (Vt*saat/kq)	150÷260	10.17	15.45	39.45
4	Enerji sıxlığı, (Vt*saat/m <sup>3</sup> )	25÷40	8.3	11.11	3.53
5	Qulluq	periodik olaraq 3-7 ildən bir AB-lar dəyişdirilir	mövsumə uyğun periodik olaraq mühərrikin yağının, filtrin və yanacağın dəyişdirilməsi	periodik olaraq mü-hərrikin yağının və filtrin dəyişdirilməsi	hava filtrin 1-2 ildən bir dəyişilməsi
6	Küey	yoxdur	var,- yüksək	var,- orta	yoxdur
7	İşlənmiş qaz	yoxdur	yanacağın yanma məhsulları	yanma məhsulları	yoxdur
8	İşləmə dövrü	kimyəvi enerjinin	yanma-fırlanma-EHQ	yanma-	kimyəvi enerjinin

		birbaşa elektrik enerjisinə çevrilməsi nəticəsində	yanarması-elektrik enerjisi	fırlanma-EHQ yaranması-elektrik enerjisi	birbaşa elektrik enerjisinə çevrilməsi nəticəsində
9	Uzun müddət işləmək imkanı	yoxdur	var	var	var
10	İşə düşmə müddəti	dərhal	2-3 dəqiqəyə	2-3 dəqiqəyə	dərhal

Şək. 10-da müxtəlif tip enerji mənbələrinin FİƏ, çəki və həcmə nəzərən enerji sıxlıqları qrafik olaraq müqayisəli şəkildə verilmişdir. Hidrogen yananda ayrılan istilik üzvü yanacaqlara nisbətdə 2,8 dəfə çox olur. Hidrogenin tam yanma xüsusiyyəti DYM-də yanacaq sərfiyatının azalmasına, mühərrikin ölçü və çəkisinin kiçilməsinə və FİƏ-nin yüksəlməsinə səbəb olur [41]. UA-da ikili yanacaqdan istifadə etdikdə, hidrogen üçün əlavə yanacaq çəninin quraşdırılması tələb olunur.

Çəkisinin kerosindən 2.8 dəfə az olmasına baxmayaraq, hidrogen üçün tələb olunan yanacaq çəninin həcmi 4.3 dəfə böyük olur. Şək. 11-də Çin mütəxəssisləri tərəfindən HYE ilə işləyən və 150 dəqiqə uçuş müddətinə malik olan "HyDrone 1500 MMC" tipli multikopter təsvir edilmişdir [42, 43]. Burada 1800 Vt gücündə olan HYE-dən istifadə edilir və sıxılmış halda olan hidrogen xüsusi konstruksiya ilə hazırlanmış çənə doldurulur. Konstruksiyasına: HYE, idarəetmə sistemi, hidrogen çəni və LiPo tipli köməkçi AB daxildir. Burada, HYE 60 ədəd qrafit lövhədən və soyutmaq üçün idarə olunan dörd ventilyatordan təşkil olunmuşdur. Sıxılmış hidrogeni saxlamaq üçün təyin olunmuş çən, yüksək təzyiqliq duyğacı və hava kompressorundan ibarətdir. İdarəetmə sistemi 2 ədəd



Şək. 10. Müxtəlif tip enerji mənbələrinin əsas göstəricilərinin müqayisəsi

elektromaqnit klapanndan, aşağı təzyiqliq duyğacıdan, radioqəbuledici və xüsusi kompüterdən təşkil olmuşdur. Sistemdə hidrogenin təzyiqinin 8 MPa-dan aşağı azalmasına və 37 MPa-dan yuxarı artmasına qarşı mühafizə sistemi var.

Ümumiyyətlə, aviasiya yanacağı qismində istifadə edilən hidrogen, hibrid DYM-də yanma kamerasının həcmi boyu sürətlə yayılır və asan buxarlanır. Mühərrik az enerji və geniş alışıma sahəsi hesabına müxtəlif temperatur və hündürlüklərdə tez işə düşür. Yanma zamanı hidrogen aşağı şüalanma

qabiliyyətli alov verir və qalıqsız yanır. Bu da mühərrikin etibarlılığını artırır. Hidrogen mühərrikləri praktiki olaraq ətraf mühiti çirkləndirmir. Hidrogenin istilikudma qabiliyyəti kerosindən 30 dəfə çoxdur, bu da onun mühərrik elementlərinin soyudulmasında istifadə edilməsinə imkan verir. Soyudulma effektivliyinin yüksək olması, turbinin önündə temperaturun və kompressorun təzyiqinin artmasına, yanacaq sərfiyatının azalmasına (15-20 %) və mühərrikin dartı qüvvəsinin yüksəlməsinə səbəb olur. Hidrogen yanacağı tez axma qabiliyyətli olub, titrəyişlərə qarşı dayanıqlı olur. Yanacaq qismində istifadə edilməsinin başlıca problemi, hidrogenin çox aşağı sıxlığa (63-70 kq/m<sup>3</sup>) və aşağı qaynama temperaturuna (20 K) malik olmasıdır. Bu səbəbdən, eləcə də partlama və yanğın hallarının baş verməməsi üçün uçuş aparatlarında yanacaq çənləri, xüsusi texnologiya ilə nisbətən iri həcmdə hazırlanır. Təbii qazdan alınan hidrogenin (dünya üzrə alınan hidrogenin orta hesabla 50 %-i) tərkibində olan CO<sub>2</sub> qazı enerjinin alınması zamanı istifadə edilən bahalı katalizatoru zəhərləyir.

Katalizatorun zəhərlənməsini azaltmaq üçün HYE-nin oksidləşmə reaksiyasının temperaturunu artırmaq tələb olunur. UA-nın çəkisinin az olması, qanadların ölçüsünün, onlara düşən yüklənmənin, həmçinin küylərin az olmasına gətirib çıxarır.

Təhlildən görüldüyü kimi, hidrogen əsaslı enerji mənbələrinin müsbət xüsusiyyətləri ilə yanaşı ondan istifadənin məhdudlaşdıran amillər də vardır.

*PUA-larda HYE-dən istifadə zamanı aşağıdakı problemlərin həll olunması vacib məsələlərdəndir:*

- hidrogenin effektiv və təhlükəsiz saxlanması problemləri;
- sadə konstruksiyalı və yüksək FİƏ-linin təmin edilməsi;
- yüksək hühdürlüklərdə işləmək imkanına malik HYE-nin işlənməsi;
- böyük xüsusi enerji tutumuna malik HYE-lərin hazırlanması;
- hibrid enerji mənbələrinin optimal idarəetmə sisteminin qurulması.

### Nəticə

Hidrogen əsaslı yanacaq elementləri və DYM-lərindən ehtiyatsız istifadə zamanı PUA-larda yerləşdirilən qaz çəninin partlama ehtimalı artır. Belə yanacaqlarda ayrılan temperatur yüksəlir və uyğun olaraq da alınan enerjinin maya dəyəri çoxalır. Bu səbəbdən çəkisi 15 kq-a qədər olan PUA-larda enerji mənbəyi qismində hidrogen əsaslı HYE-lərdən istifadə etmək səmərəli olmur. Amma, hidrogenin oksidləşməsi zamanı yüksək FİƏ-nin təmin olması PUA-larda elektrik enerjisi mənbəyi qismində HYE-dən istifadə edilməsinə imkan yaradır.

Bundan başqa, qida mənbəyi qismində DYM-lərdən istifadə etdikdə PUA-ların çəkisi artır. Bu baxımdan yuxarıda deyilənləri nəzərə alaraq qərarlaşdırmaq olar ki, çəkisi 15 kq-dan böyük olan pilotsuz uçuş aparatlarında DYM və HYE-lərindən hibrid enerji mənbəyi qismində istifadə etməklə uzaq məsafələrə uçuşları təmin edə bilən effektiv qida mənbələrini yaratmaq mümkündür.

### ƏDƏBİYYAT

1. R.N. Nəbiyev, Q.İ. Qarayev, A.A. Abdullayev. Pilotsuz uçuş aparatları üçün qida mənbələrinin seçilməsi. Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Məcmuələri. Cild 25, №3, 2018. səh 1-11.
2. Топливные элементы (топливные ячейки). [http://www.energy-units.ru/en\\_units.php](http://www.energy-units.ru/en_units.php)
3. Топливные (водородные) элементы/ячейки. [http://www.intech-gmbh.ru/energy\\_units.php](http://www.intech-gmbh.ru/energy_units.php)
4. Hydrogen Power/ Borderlands. Vol. 52.No. 04/ [https://borderlandsciences.org/journal/vol/52/n04/Armstrong\\_on\\_Hydrogen\\_Power.html](https://borderlandsciences.org/journal/vol/52/n04/Armstrong_on_Hydrogen_Power.html)
5. Мировые запасы природного газа [https://ru.wikipedia.org/wiki/Мировые\\_запасы\\_природного\\_газа](https://ru.wikipedia.org/wiki/Мировые_запасы_природного_газа).
6. Роль водорода в переходе к новой энергетической модели. [www.inenergy.ru](http://www.inenergy.ru)
7. Удивительные функции водородных топливных элементов могут стать хорошим выбором для будущего альтернативной энергетики. [https://www.htbook.ru/publ/no-vosti\\_tekhnologij/vodorodnoye\\_toplivnoye\\_ehlementy\\_i\\_ego\\_udivitelnoye\\_funkcii/4-1-0-7](https://www.htbook.ru/publ/no-vosti_tekhnologij/vodorodnoye_toplivnoye_ehlementy_i_ego_udivitelnoye_funkcii/4-1-0-7).
8. А.Ю. Раменский, С.А. Григорьев. Технологии топливных элементов: Вопросы технического регулирования. Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» Научно-технический центр «ТАТА», 2000-2016. № 19-20 (207-208) 2016. Ст.107-129.
9. Ю.А. Добровольский, Е.В. Волков, А.В. Писарева, Ю.А. Федотов, Д.Ю. Лихачев, А.Л. Русанов. Протонообменные мембраны для водородно-воздушных топливных элементов. [www.inenergy.ru](http://www.inenergy.ru).
10. Топливный элемент. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Топливный\\_элемент](https://ru.wikipedia.org/wiki/Топливный_элемент).
11. Сравнительный анализ различных видов топливных элементов. [www.inenergy.ru](http://www.inenergy.ru).
12. Сравнение аккумуляторных систем и установок на основе топливных элементов. [www.inenergy.ru](http://www.inenergy.ru)
13. Б.П. Тарасов, М.В. Лотоцкий. Водородная энергетика: прошлое, настоящее, виды на будущее. Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2006, м. L, № 6. Ст. 5-18.
14. Современные аккумуляторы. <http://compress.ru/Article.aspx?id=14438>
15. Типы аккумуляторных батарей. <https://best-energy.com.ua/support/battery/414-vidy-i-tipy-akkumulyatornykh-batarej-v-pod-robnostyakh>
16. БПЛА «Инспектор-1»-Российский беспилотник с перспективным водородно-воздушным топливным элементом. <https://nampuom-rycu.livejournal.com/148506.html>

17. Создан беспилотник с водородным двигателем. <https://xage.ru/sozdan-bespilotnik-s-vodorodnyim-dvigatелем/>
18. Водородный двигатель автомобиля: лекарство от нефтяной зависимости <http://carextra.ru/obzory/vodorodnyiy-dvigatel.html>
19. Водородно-электрический двигатель для беспилотников [http://ruvsa.com/news/-development/vodorodno\\_elektricheskii\\_dvigatel\\_dlya\\_bespilotnikov/](http://ruvsa.com/news/-development/vodorodno_elektricheskii_dvigatel_dlya_bespilotnikov/)
20. Протонные водородные батареи могут заменить литий-ионные аккумуляторы. <https://3dnews.ru/802440>
21. Я.А. Кумченкон. Нестандартная высокоэффективная водородная энергетика в космосе на примере твердотопливного фтористоводородного ракетного двигателя и ее выгодное сравнение с солнечной энергодвигательной установкой СЭДУ в комплексе с носителем типа союз-2. Авиационно-Космическая Техника и Технология, 2005, № 9 (25). Ст. 168-172.
22. Квадрокоптеры-дроны. <http://htech-world.ru/elektronika/robototexnika/vodorodnyj-kvadrokor-ter-smozhet-letat-dolgo.html>
23. Квадрокоптер на водороде может летать несколько часов без подзарядки, <http://savepearlharbor.com/?p=257692>
24. Водородный транспорт. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Водородный\\_транспорт](https://ru.wikipedia.org/wiki/Водородный_транспорт).
25. Федеральное агентство по образованию Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования. Уральский государственный университет им. А.М. Горького. Материалы для водородной энергетике. Курс лекций. Екатеринбург, 2008. 132 ст.
26. Э.Э. Шпильрайн, С.П. Малышенко, Г.Г. Кулешов. Введение в водородную энергетике. Москва, Энергоатомиздат, 1984, 262 ст.
27. Из истории водородной энергетике. <http://www.eprussia.ru/epr/107/8367.htm>
28. Л.Ф. Козин, С.В. Волков. Водородная энергетика и экология. Киев. Наукова думка. 2002, 337 ст.
29. Р.В. Радченко, А.С. Мокрушин, В.В. Тюльпа. Водород в энергетике. Екатеринбург. Издательство. Уральского университета, 2014. 232 ст.
30. 2007 Niche Transport Survey (1) Dr. Kerry-Ann Adamson, Fuel Cell Today-July 2007 [www.fuelcelltoday.com](http://www.fuelcelltoday.com)
31. Boeing представил мощнейший водородный беспилотник. <http://www.membrana.ru/particle/4254>
32. Г.А. Месяц, М.Д. Прохоров. Водородная энергетика и топливные элементы. Вестник Российской Академии Наук, том 74, № 7, с. 579-597 (2004).
33. Установлен рекорд длительности полета дрона. <https://www.rc-hobby.com.ua/infocenter/obzory-istati/ustanov-len-rekord-dlitelnosti-poleta-drona>
34. Аккумуляторы - основные типы и характеристики. [http://xn--80adxqwa5e.xn--p1ai/storage\\_batteries](http://xn--80adxqwa5e.xn--p1ai/storage_batteries)
35. Военные технологии аккумуляирования энергии. <http://universe-tss.su/main/flot/12850-voennoye-tehnologii-akkumulirovaniya-energii.html>
36. Direct methanol fuel cell. [http://www.daviddarling.info/encyclopedia/D/AE\\_direct\\_methanol\\_fuel\\_cell.html](http://www.daviddarling.info/encyclopedia/D/AE_direct_methanol_fuel_cell.html)
37. А.М. Крайцберг. Залей метанол в телефон. Химия и жизнь XXI век [http://www.peterlife.ru/info/technology/fuel\\_item\\_3.html#\\_WjY\\_Y1WwbIU](http://www.peterlife.ru/info/technology/fuel_item_3.html#_WjY_Y1WwbIU)
38. Прямой метанольный топливный элемент [ru.wikipedia.org/wiki/Прямой\\_метанольный\\_топливный\\_элемент](http://ru.wikipedia.org/wiki/Прямой_метанольный_топливный_элемент).
39. <http://for-ua.info/viewtopic.php?f=2&t=51595&start=80>
40. Альтернативная энергетика для Арктики. <https://academcity.org/node/3234>.
41. Беспилотные летательные аппараты на топливных элементах <https://zetsila.ru/беспилотные-летательные-аппараты/>.
42. Pierwsze komercyjne drony na wodór firmy MMC. <http://www.swiatdronow.pl/pierwsze-komercyjne-drony-wodor-firmy-mmc>.



**REFERENCES**

1. R.N. Nabiyev, Q.İ. Qarayev, A.A. Abdullayev. Pilotsuz ucush aparatları ucun qida mənbələrinin seçilməsi. Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Məcmuələri. Cild 25, №3, 2018. səh 1-11.
2. Toplivnie elementi (toplivnie yaceyki). [http://www.energy-units.ru/en\\_units.php](http://www.energy-units.ru/en_units.php)
3. Toplivnie (vodorodnie) elementi/yaceyki. [http://www.intech-gmbh.ru/energy\\_units.php](http://www.intech-gmbh.ru/energy_units.php)
4. Hidrogen Power/ Borderlands.Vol. 52.No. 04/ [https://borderlandsciences.org/journal/vol/52/n04/Armstrong\\_on\\_Hydrogen\\_Power.html](https://borderlandsciences.org/journal/vol/52/n04/Armstrong_on_Hydrogen_Power.html)
5. Mirovie zapasi prirodnoqo qaza. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Miravie\\_zapasi\\_prirodnoqo\\_qaza](https://ru.wikipedia.org/wiki/Miravie_zapasi_prirodnoqo_qaza)
6. Rol vodoroda v perexode k novoy energeticeskoy modeli. [www.inenergy.ru](http://www.inenergy.ru)
7. Udivitelnie funkcii vodorodnix toplivnix elementov moqut stat xoroshim viborom dlya budusheqo alternativnoy energetiki. [https://www.htbook.ru/publ/no-vosti\\_tekhnologij/vodorodnoye\\_toplivnyoe\\_ehlementy\\_i\\_ego\\_udivitelnoye\\_funkcii/4-1-0-7](https://www.htbook.ru/publ/no-vosti_tekhnologij/vodorodnoye_toplivnyoe_ehlementy_i_ego_udivitelnoye_funkcii/4-1-0-7)
8. A.YU. Ramenskiy, S.A. Qriqorev. Texnoloqi toplivnix elementov: Voprosi texniceskoqo regulirovaniya. Mejdunarodnoy naucniy jurnal «Alternativnaya energetika I ekoloqiya» Naucno-texniceskiy centr «TATA», 2000-2016. № 19-20 (207-208) 2016. st.107-129.
9. YU.A. Dobrovolskiy, E.V. Volkov, A.V. Pisareva, YU.A. Fedotov, D.YU. Lixacev, Rusanov A.L. Protonoobmennie membrane dlya vodorod-vozdushnix toplivnix elementov. [www.inenergy.ru](http://www.inenergy.ru)
10. Toplivniy element. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Топливный\\_элемент](https://ru.wikipedia.org/wiki/Топливный_элемент)
11. Sravnitelniy analiz razlicnix vidov toplivnix elementov. [www.inenergy.ru](http://www.inenergy.ru)
12. Sravnenie akkumulyatornix sistem i ustanovok na osnove toplivnix elementov. [www.inenergy.ru](http://www.inenergy.ru).
13. B.P. Tarasov, M.V. Lotockiy. Vodorodnaya energetika: proshloe, nastoyashee, vidi na budushee. Pos. xim. j. (J. Ros. xim. ob-va im. D.I. Mendeleeva), 2006, m. L, № 6. st. 5-18.
14. Sovremennie akkumulyatori. <http://compress.ru/Article.aspx?id=14438>
15. Tipi akkumulyatornix batarey. <https://best-energy.com.ua/support/battery/414-vidy-i-tipy-akkumulyatornykh-batarej-v-pod-robnostyakh>.
16. BPLA «Inspektor-1»-Rossiyskoy bespilotnik s perspektivnim vodorodno-vozdushnim elementom. <https://nampuom-pycu.livejournal.com/148506.html>
17. Sozdan bespilotnik s vodorodnim dviqatelem. <https://xage.ru/sozdan-bespilotnik-s-vodorodnyim-dvigatелеm>.
18. Vodorodniy dviqatel avtomobil: lekarstvo ot neftyanoy zavisimosti <http://carextra.ru/obzory/vodorodnyiy-dvigatel.html>
19. Vodorodno-elektriceskiy dviqatel dlya bespilotnikov [http://ruvsa.com/news/-development/vodorodno\\_elektricheskii\\_dvigatel\\_dlya\\_bespilotnikov](http://ruvsa.com/news/-development/vodorodno_elektricheskii_dvigatel_dlya_bespilotnikov).
20. Protonnie vodorodnie batarei moqut zamenit litiy-ionnie akkumulyatori. <https://3dnews.ru/802440>.
21. YA.A. Kumcenkon. Nestandartnaya visokoeffektivnaya vodorodnaya energetika v kosmose na primere tverdotoplivnoqo ftoistorovodorodnoqo raketnoqo dviqatelya i ee vqidnoe sravnenie s solnecnoy energodiviqatelnoy ustanovkoy SEDU v komplekse s hositelem tipa soyuz-2. Aviacionno-Kosmiceskaya Texnika i Texnoloqiya, 2005, № 9 (25). St. 168-172.
22. Kvadrokofteri-droni. <http://htech-world.ru/elektronika/robototexnika/vodorodnyj-kvadrokofter-smozhet-letat-dolgo.html>
23. Kvadrokofter na vodorode mojet letat neskolko casov bez podzaryadki. <http://savepearlharbor.com/?p=257692>
24. Vodorodniy transport. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Водородный\\_транспорт](https://ru.wikipedia.org/wiki/Водородный_транспорт)
25. Federalnoe aqentstvo po obrozovaniyu Qosudarstvennoe obrozovatelnoe ucrejdenie visshiqo professionalnoqo obrozovaniya «Uralskoy Qosudarstvenniy Universitet im A.M. Qorkoqo». Materiali dlya vodorodnoy energetiki. Kurs lekciy. Yekatirinburq, 2008. 132 st.

26. E.E.Shpilrayn, S.P.Malishenko, Q.Q. Kuleshov. Vvedenie v vodorodnuyu enerqetiku. Moskva, Enerqotomizdat, 1984, 262 st.
27. Iz istorii vodorodnoy enerqetiki. <http://www.eprussia.ru/epr/107/8367.htm>
28. L.F. Kozin, S.V. Volkov. Vodorodnaya Enerqetika i ekologiya. Kiev. Naukova dumka. 2002, 37 st.
29. R.V. Radcenko, A.S. Mokrushin, V.V. Tyulpa. Vodorod v enerqetike. Yekatirinburq. Izdatelstvo. Uralskoqo universiteta, 2014. 232 st.
30. 2007 Niche Transport Survey (1) Dr. Kerry-Ann Adamson, Fuel Cell Today-July 2007 [www.fuelcelltoday.com](http://www.fuelcelltoday.com)
31. Boeing predstavil moshneyshiy vodorodniy bespilotnik. <http://www.membrana.ru/particle/4254>
32. Q.A. Mesyac, M.D. Proxorov. Vodorodnaya enerqetika i toplivnie elementi. Vestnik Rossiyskoy Akademii Nauk, tom 74, № 7, s. 579-597 (2004).
33. Ustanovlen record dlitelnosti poleta drona. <https://www.rc-hobby.com.ua/infocenter/obzory-istati/ustanov-len-rekord-dlitelnosti-poleta-drona>.
34. Akkumulyatori-osnovnie tipi i xarakteristiki. [http://xn--80adxqwa5e.xn--p1ai/storage\\_batteries](http://xn--80adxqwa5e.xn--p1ai/storage_batteries).
35. Voennie texnoloqii akkumulirovaniya enerqii. <http://universe-tss.su/main/flot/12850-voenno-tehnologii-akkumulirovaniya-energii.html>
36. Direct methanol fuel cell. [http://www.daviddarling.info/encyclopedia/D/AE\\_direct\\_methanol\\_fuel\\_cell.html](http://www.daviddarling.info/encyclopedia/D/AE_direct_methanol_fuel_cell.html)
37. A.M. Kraycberq. Zaley methanol v telefon. Ximiya i jizn XXI vek. [http://www.peterlife.ru/info/technology/fuel\\_item\\_3.html#](http://www.peterlife.ru/info/technology/fuel_item_3.html#). WjY\_Y1WwbIU
38. Priyamoy metanolnoy toplivniy element. [ru.wikipedia.org/wiki/Priyamoy\\_metanolniy\\_toplivniy\\_element](http://ru.wikipedia.org/wiki/Priyamoy_metanolniy_toplivniy_element).
39. <http://for-ua.info/viewtopic.php?f=2&t=51595&start=80>
40. Alternativnaya enerqetika dlya. Arktiki. <https://academcity.org/node/3234>
41. Espilotnie letatelnie apparati na toplivnix elementax. <https://zetsila.ru/espilotnie-letatelnie-apparai/>
42. Pierwsze komercyjne drony na wodór firmy MMC. <http://www.swiatdronow.pl/pierwsze-komercyjne-drony-wodor-firmy-mmc>.

### **АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ВОДОРОДА В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ**

**Р.Н. Набиев, А.А. Абдуллаев, Г.И. Гараев**

*В статье широко изучены эксплуатационные свойства топливного элемента на основе водорода, методы производства и хранения водородного топлива, области его применения, оценена энергоёмкость, а также проведен сравнительный анализ параметров эквивалентного состава по удельным энергетическим характеристикам. Выявлены причины меньшего применения топливных элементов и двигателей внутреннего сгорания, работающих на основе водорода, которые возможно применить в качестве основного источника энергии в беспилотных летательных аппаратах. Показано, что весом более 15 кг в беспилотных летательных аппаратах в качестве источника энергии могут использоваться гибридные источники энергии, состоящие из двигателей внутреннего сгорания и топливных элементов. Учитывая энергопотребление и другие факторы, необходимые для производства водорода и организации работы топливного элемента, работающего с водородом, было показано, что эффективность системы составляет около 50%.*

**Ключевые слова:** топливный элемент, водород, беспилотный летательный аппарат, электролиз, протонообменная мембрана, двигатель внутреннего сгорания, аккумулятор, батарея.

**ANALYSIS OF THE FEATURES OF HYDROGEN AS AN ENERGY SOURCE****R.N. Nəbiyev, A.A. Abdullayev, Q.İ. Qarayev**

*In article widely studied the operational properties of a hydrogen-based fuel cell, methods for the production and storage of hydrogen fuel, its application areas, estimated energy intensity, and also performed a comparative analysis of the parameters of the equivalent composition, by specific energy characteristics. The reasons for the lesser use of fuel cells and internal combustion engines based on hydrogen, which can be used as the main energy source in unmanned aerial vehicles, are revealed. It is shown that weighing more than 15 kg of unmanned aerial vehicles, hybrid energy sources consisting of internal combustion engines and fuel cell can be used as an energy source. Considering the energy consumption and other factors necessary for the production of hydrogen and the organization of the work of a fuel cell working with hydrogen, it was shown that the system efficiency is about 50%.*

**Keywords:** *fuel cell, hydrogen, unmanned aerial vehicle, electrolysis, proton exchange membrane, motor internal thrust, accumulator, batteries.*

**Məqalədə aparıla işlər Azərbaycan Respublikası Dövlət Neft Şirkətinin 01 noyabr 2017-ci il 09\_LR-MAA sayılı qrand çərçivəsində maliyələşdirilmişdir.**

**Müəlliflər haqqında məlumat**

**Soyadı, adı, atasının adı** *Nəbiyev Rasim Nəsim oğlu*

**İş yeri** *Milli Aviasiya Akademiyası*

**Vəzifəsi** *t.e.d., professor, şöbə rəisi.*

**Maraq sahəsi** *aviasiya texnikası; aeronaviqasiya, cihazqayırma, elektronika.*

**E-mail** *[nabiyevrasim@gmail.com](mailto:nabiyevrasim@gmail.com)*

**Əlaqə telefonu** *[\(+994\) 55 754 76 46](tel:+994557547646)*

**Soyadı, adı, atasının adı** *Abdullayev Anar Arif oğlu*

**İş yeri** *Milli Aviasiya Akademiyasının doktorantı*

**Vəzifəsi** *f-r. f.d., doktorant*

**Maraq sahəsi** *aviasiya texnikası; elektronika, cihazqayırma.*

**E-mail** *[anarcafarov09@mail.ru](mailto:anarcafarov09@mail.ru)*

**Əlaqə telefonu** *[\(+994\) 77 756 48 75](tel:+994777564875)*

**Soyadı, adı, atasının adı** *Qarayev Qadir İsxan oğlu*

**İş yeri** *Milli Aviasiya Akademiyası, Elmi-tədqiqat Aviasiya İnstitutu, Aviasiya Elektronikasısı şöbəsi*

**Vəzifəsi** *t.f.d., böyük elmi işçi.*

**Maraq sahəsi** *elektronika, cihazqayırma.*

**E-mail** *[qedir71@mail.ru](mailto:qedir71@mail.ru)*

**Əlaqə telefonu** *[\(+994\) 70 321 81 15](tel:+994703218115)*

**Rəyçi:** *t.f.d., dos. F.Ə. Mahmudlu*

## AVIASIYA TƏHLÜKƏSİZLİYİ

UOT 654.9

DOI 10.34826/NAA.2020.21.4.003

MƏSAFƏDƏN İDARƏDİLƏN İNTEQRASIYA OLUNMUŞ MÜHAFİZƏ-  
XƏBƏRDARLIQ SİSTEMİNİN TƏTBİQİ İMKANLARI

R.R. Rüstəmov

Milli Aviasiya Akademiyası

Məqalədə, mülki aviasiya obyektlərinin perimetrinin təhlükəsizliyini təmin edən vasitələr və onlara qoyulan tələblər təsvir edilmişdir. Perimetrin mühafizə-xəbərdarlıq sistemlərində geniş tətbiq edilən duyğacaların xarakteristikaları müqayisəli şəkildə təhlil edilmiş, onların üstünlükləri və çatışmazlıqları göstərilmişdir.

Göstərilmişdir ki, pozucunun tipindən və hava şəraitindən asılı olmayaraq obyektin mühafizəsinin effektiv təmini üçün mühafizə-xəbərdarlıq sistemində vahid proqram bazası əsasında bir neçə altsistemin orqanik integrasiyasından və kompleks şəkildə avtomatlaşdırılmış idarəedilməsindən istifadə olunmalıdır. Müasir tələblərə cavab verən, ətraf mühitin təsirlərinə az məruz qalan, effektiv və etibarlı işləyən, məsafədən idarəedilən integrasiya olunmuş avtomatlaşdırılmış mühafizə-xəbərdarlıq sisteminin tətbiqi imkanlarının optimal texniki şərtləri müəyyənləşdirilmişdir.

**Açar sözlər:** Mülki aviasiya, aviasiya təhlükəsizliyi, mühafizə-xəbərdarlıq sistemi, perimetr, hasar, tutum, duyğac, pozucu.

Aviasiya təhlükəsizliyi sahəsi daim təkmilləşdiyi üçün mülki aviasiya obyektlərinin mühafizəsinə yeni tələblər irəli sürülür. Tələblərdən biri pozucuları mümkün qədər uzaq məsafədən aşkar etməkdir [1-3]. Bu funksiyanı yerinə yetirən perimetrin mühafizə-xəbərdarlıq sistemləri (MXS) vaxtında pozucunu aşkarlamaq və müdaxilə aktlarının qarşısını almaq üçün profilaktik və ya adekvat tədbirlərin görülməsinə imkan verir [4].

MXS-də müxtəlif radiotexniki sistemlərdən (məs., radiodalğalı, ifrat yüksək tezlikli (İYT), infraqırmızı (İQ) və ya tutum duyğaclarından, videomüşahidə vasitələrindən və s.) kombinasiya edilmiş formada istifadə edilir [5, 6]. Bununla belə, fərqli xüsusiyyətlərə malik ərazilərdə eyni dərəcədə effektiv MXS tətbiq etmək mümkün olmur. MXS-ni quraşdıran zaman obyektlərin yerləşdiyi ərazinin relyefi, ətraf mühitin təsirləri, mühafizə çəpərinin tipi, eləcə də duyğacaların həssas elementlərinin yerləşdirilməsinin obyektin ümumi görünüşünə təsiri, pozucunun niyyəti, silahlanması və başqa xüsusiyyətləri nəzərə alınmalıdır.

**Məqalədə məqsəd,** ətraf mühitin dəyişməsindən asılı olmayaraq effektiv və etibarlı işləyən, məsafədən idarəedilən integrasiya olunmuş avtomatlaşdırılmış MXS-nin tətbiqi imkanlarının optimal texniki şərtlərinin müəyyənləşdirilməsindən ibarətdir.

Bu məqsədlə, perimetrin qorunmasında tətbiq olunan duyğacaların xarakteristikaları təhlil edilmiş, onlara və ümumilikdə MXS-yə qoyulan tələblər müəyyən edilmişdir.

Perimetrin təhlükəsizliyini təşkil edən vasitələr qismində [7]:

- təbii sədlər;
- mexaniki sədlər;
- texniki sədlər.

Perimetrin MXS-lərinə aşağıdakı tələblər qoyulur [8]:

- 1) Yüksək aşkaretmə qabiliyyəti.
- 2) Yanlıq həyəcan siqnallarının minimuma endirilməsi.
- 3) İqlim və hava şəraitindən asılılığın olmaması.
- 4) Sistemin maskalanması.



5) *Asan texniki xidmət və etibarlılıq.*

6) *İqtisadi səmərəlilik.*

MXS-nin tətbiqi imkanlarını müəyyən etmək məqsədi ilə onun etibarlılıq, eləcə də dayanıqlıq dərəcəsinə təsir edən və birinci xəttini təşkil edən perimetrin texniki vasitələrinə qoyulan yüksək tələbləri nəzərə alaraq, bəzi alt sistemlərin xüsusiyyətləri nəzərdən keçirilmişdir.

**İnfraqırmızı duyğac.** İQ duyğac, birbaşa görünüş xəttində yerləşdirilən şüalandırıcı və qəbuledici qurğulardan ibarət optik sistemdir (şək. 1). Duyğacın aşkaretmə zonasının uzunluğu 10 m-dən 300 m-ə qədər təşkil edir və tətbiqi xüsusi sahə tələb etmir. Normal şəraitdə mühafizə sahəsinin uzunluğu şüalandırıcı qurğunun gücü ilə müəyyən edilir.

İQ duyğacın çatışmazlıqları [7, 9, 10]:

1) Şüa xəttində maneə, məsələn, quş, yarpaq və ya digər əşyalar olanda yanlış həyəcan siqnalının yaranması ehtimalı çoxdur. Bu halda yanlış həyəcan siqnallarının sayını azaltmaq və müəyyən hündürlükdə effektiv mühafizə çəpəri yaratmaq üçün İQ duyğaclarda əsasən qəbuledici qurğuların sayı artırılır, məsələn, şaquli istiqamətdə bir neçə təkşüalı qəbuledici quraşdırılır. Bu halda, ən azı bir qəbuledici qurğuya düşən şüa kəsilən anda, xəbərdaredici qurğuda həyəcan siqnalı yaranır.

2) Açıq mühitdə tətbiq edildikdə İQ duyğacın optik çıxışlarını mütəmadi təmizləmək lazım gəlir.

3) Atmosferdə tüstü, kiçik ölçülü su (duman, çən) və ya toz hissəciklərinin olması, hissəciklərin ölçülərindən, eləcə də şüanın dalğa uzunluğundan asılı olaraq İQ şüanın əlavə səpilməsinə və ya udulmasına səbəb olur.

**Radioşüalı duyğac.** Bu duyğaclər, uzadılmış ellipsoid şəklində aşkarlama zonası yaradan İYT siqnalların verici və qəbuledici bloklarına malik sistemdir (şək. 2). Aşkaretmə zonasının uzunluğu verici və qəbuledici bloklar arasındakı məsafəyə əsasən müəyyən edilir, zonanın diametri bir neçə desimetrdən bir neçə metrə qədər dəyişir.

Radioşüalı duyğaclərin iş prinsipi, aşkaretmə zonasına kənar əşyaların daxil olması zamanı qəbul edilən siqnalın faza və amplitudasının dəyişməsinin təhlilinə əsaslanır. Radioşüalı duyğaclər, verici və qəbuledici blokları arasında birbaşa görünmə təmin edildiyi hallarda tətbiq olunur. Duyğaclərin tətbiq edildiyi sahədə yerin ümumi kələ-kötürlüyü və ot örtüyünün hündürlüyü 0,3 m-dən, qar örtüyünün hündürlüyü 0,5 m-dən az olmalıdır [11].

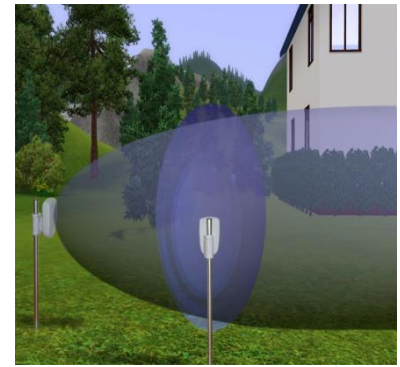
Radioşüalı duyğaclər həm hasar boyunca, həm də hasarı olmayan obyektlərin mühafizəsi üçün tətbiq edilir. Bu duyğaclər, dik və ya əyilmiş vəziyyətdə qaçaraq, eləcə də yeriyərək keçmək istəyən pozucunu aşakar etmk üçün etibarlı hesab edilir.



a)



b)



Şək. 2. Radioşüalı duyğac

Şək. 1. Çoxşüalı İQ duyğacləri: a) divarda, b) yerdə

Verici və qəbuledici blokların yaxınlığında həssaslığın aşağı olması, radioşüalı duyğaclərin ümumi çatışmazlığıdır, buna görə də, qonşu verici və qəbuledicilər, mühafizə zonaları bir neçə metr bir-birini örtməklə quraşdırılmalıdır. Bundan əlavə, radioşüalı duyğaclər, Yer səthindən 30-40 sm yuxarıda kifayət qədər həssas deyil, bu da pozucunun qorunma xəttini sürünərək keçməsinə imkan verə bilər. İYT radioşüalı duyğaclərin digər növü 10-24 GHz diapazonda işləyən bir və ya ikisahəli

aktiv qurğulardır. İYT duyğalarının aşkaretmə məsafəsi birsahəli qurğularda 50 m, ikisahəli qurğularda 300-500 m-ə qədər olur [12].

Geniş həssas zonaya malik olması, aşkaredici zonaya insanların, nəqliyyat vasitələrinin və s. təsadüfi daxil olması mümkün olan ərazilərdə İYT duyğalarının tətbiqinin məhdudlaşmasına səbəb olur. Yanlış işə düşmələrin qarşısını almaq üçün belə vəziyyətlərdə əlavə hasarın köməyinə ehtiyac duyulur. İstismar vaxtı vaxtaşırı aşkaredici zonadakı otu biçmək və qarı təmizləmək lazımdır [13].

**Radiodalğalı duyğac.** Bu duyğalarda həssas element - radiosiqnal ötürücüsü və qəbuledicisi ilə birləşən paralel yerləşdirilmiş bir cüt naqıldən ibarətdir (şək. 3). Keçirici naqillərin (açıq antenaların) ətrafında, diametri onların qarşılıqlı yerləşdirilməsindən asılı olan aşkaretmə sahəsi yaranır. Pozucu aşkaretmə sahəsinə daxil olduqda qəbuledicinin çıxışında siqnal dəyişir və həyəcan siqnalı yaranır.

Radiodalğalı sistemlərin radioşüalı sistemlərdən üstün cəhətləri torpaq profilindən asılı olmaması və hasar xəttinin dəqiq izlənməsidir [14].

Naqillər hasarın üstündə xüsusi dayaqlarda və ya bilavasitə hasarın üzərində quraşdırılır. Hasarlanmamış sahələrin qorunması üçün naqillər torpağın 15-30 sm dərinliklərinə qədər basdırıla bilər. Belə mühafizə sistemi maskalanmış olsa da ətraf mühitin təsirinə məruz qalır və bu da öz növbəsində onun həssaslığına təsir göstərir [12].

Radiodalğalı sistemlərin həssas elementlərinin yerləşdiyi nəzarət zonasında ötürücüdən qəbulediciyə qədər siqnalın çatmasına maneə yaradan sıx bitki örtüyü olmamalıdır və yerin relyefi düz olmalıdır. Sistemin aşkaretmə qabiliyyəti küləkdən və temperaturlar fərqiindən asılı deyil, lakin güclü duman, yağış və qar olduqda zəifləyər bilər.

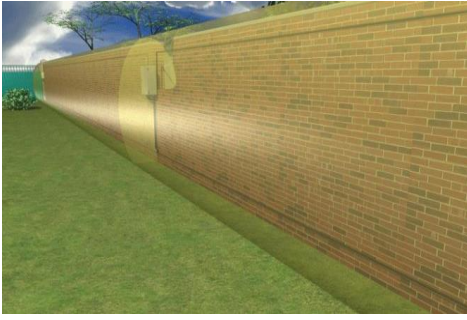
**Vibrasiyaya həssas duyğac.** Vibrasiyaya həssas duyğaların iş prinsipi pozucunun perimetrə daxil olmaq, yaxud hasarı dağıtmaq cəhdləri zamanı mexaniki vibrasiyaların qeydə alınmasından ibarətdir. Bu duyğaların aşkarlama elementi - mexaniki vibrasiyaları elektrik siqnalına çevirən vibrasiyaya həssas kabeldir. Kabel deformasiya olunduqda izolyasiya örtüklü naqillər arasında gərginlik impulsuna səbəb olan elektrik yükləri yaranır (triboelektrik effekt). Kabeldən ötürülən siqnallar (gərginlik impulsları) verilmiş alqoritmə uyğun olaraq analizator vasitəsi ilə emal edilir və müdaxilə aktı aşkarlandıqda həyəcan siqnalı yaranır [15].

Vibrasiyaya həssas duyğalar, -40...+60 °C temperaturda, sürəti 25 m/san-yə qədər olan küləkdə, sulu qarda işləmə qabiliyyətini saxlayır və müxtəlif bərk materiallardan hazırlanmış hasarlarda istifadə oluna bilər.

Vibrasiyaya həssas duyğacın çatışmazlıqları: həm çəpərin, həm də həssas kabelin keyfiyyətli quraşdırılmasına yüksək tələbin qoyulması; fəslin dəyişməsinə uyğun müntəzəm olaraq duyğacın parametrlərinin köklənməsinə ehtiyacın olması; ağac budaqlarının və böyük kolların kabelə toxunmasının yolverilməzliyi; perimetrin yaxınlığından ağır texnikanın keçməsi və ya həssas kabelə daş, çubuq və s. vasitələr ilə zərbə vurulması nəticəsində həyəcan siqnalının formalaşmasıdır. Vibrasiyaya həssas duyğacılı xəbərdarlıq sistemi, yalnız "yumşaq", məsələn, torlu və ya yüngül metal çəpərlərdə tətbiq edilə bilər. Onun "sərt" hasarlarda quraşdırılması (dəmir-beton, kərpic və ya plastik konstruksiyalar) məqsəduyğun deyil [16].

**Vibrasiyalı-seysmik duyğac.** Bu duyğalar, vibrasiyaya həssas kabelli duyğac kimi mühitin vibrasiyasına və ya deformasiyasına reaksiya verir və birbaşa quraşdırılmaqla torpaqda və ya uzun divarlarda yaranan aşağı tezlikli (seysmik) vibrasiyaları qeydə alır. Təbiətdə yaranan vibrasiyalar zamanı yanlış işə düşmələri azaltmaq üçün sistemdə olan bütün duyğaların eyni vaxtda işə düşməsi ehtimalını sistemə daxil edilən proqram təminatı ilə əvvəlcədən nəzərə almaq mümkündür.

Bəzi yerüstü MXS-lərdən fərqli olaraq bütün iqlim şəraitində işləmə qabiliyyətini saxladığı üçün torpağın müəyyən dərinliyində quraşdırılan vibrasiyalı duyğaları dağda, çayın sahilində, meşə massivlərində və s. tətbiq etmək mümkündür (şək. 4). Həssas elementləri torpağın altında quraşdırıldığı üçün həm sistemə qarşı vandal hərəkətlərin qarşısı alınır, həm də obyektlərin estetik görünüşü pozulmur. Qeyd edilən xüsusiyyətlər bu növ yeraltı sistemlərin tətbiqinin əhəmiyyətini göstərir. Perimetrlərin mühafizəsinin yeraltı sistemlərinə ən çox pyezoelektrik və geofon tipli vibrasiyalı duyğalardan istifadə olunur.



Şək. 3. Radiodalğalı duyğalar



Şək. 4. Seysmik sistem

Pyezoelektrik duyğaların həssas elementləri torpaqda mexaniki vibrasiyaları və ya deformasiyaları elektrik siqnallarına çevirir. Bu duyğalar bir neçə hersdən yüzlərlə hersə qədər vibrasiyalı siqnalları qeydə almağa imkan verir. Həssas elementləri torpağın müəyyən dərinliyində quraşdırılmasına baxmayaraq, pyezoelektrik duyğalar bir neçə metr aralıda hərəkət edən pozucunu aşkar etmək gücünə malikdir.

Yeraltı MXS-lərdə torpaqda şaquli dalğaları qeydə alan geofonlardan da geniş istifadə edilir. Geofon duyğalar adətən vibrasiyaların tipik tezliklərinə təxminən uyğun olan 1...200 Hs tezlik diapazonunda siqnallar generasiya edir. Geofonlar perimetr uzununu torpağın 15...35 sm dərinliyində, bir-birindən 2...4 m aralıda, adətən 50-yə qədər diskret duyğacdən ibarət xətt şəklində qurulur. Vibrasiyanı daha yaxşı qeydə almaq üçün geofon duyğalarının bərk torpaqda quraşdırılması məqsədəuyğundur [3, 17].

Vibrasiyalı-seysmik duyğacın çatışmazlıqları: duyğacın sulu, qumlu və yumşaq torpaqda həssaslığının aşağı düşməsi; duyğacın korpusunun maqnit ekranlanmaması və Yer in maqnit sahəsinin təsirindən qorunmaması; aşağı temperaturda məhdud möhkəmliyə malik olması; güclü zəlzələ zonaları üçün effektiv olmamasıdır [18].

**Lifli optik duyğac.** Hal-hazırda ən müasir və effektiv MXS-də perimetrin mühafizəsi zamanı informasiyanın ötürülməsi üçün istifadə olunan lifli optik duyğalar tətbiq edilir. Optik lifli sistemlərin elektromaqnit təsirlərinə çox az həssas olması belə duyğaların əlverişsiz elektrofiziki mühitdə istifadə edilməsinə imkan yaradır. Hasarlanmış sahələrin qorunması üçün lifli optik kabel yerin kiçik dərinliklərində quraşdırılır. Kabelin uclarından birinə koherent şüa yaradan kiçik yarımkeçirici lazer qoşulur. Kabelin ikinci ucu şüa qəbuledicisinə qoşulur. Qəbuledici optik siqnalı elektrik siqnalına çevirib analizatora ötürür. Analizator, qəbul edilən siqnalı etalon siqnal ilə müqayisə edir.

Perimetr uzununu quraşdırılan lifli-optik kabel deformasiya (yerdəyişmə, vibrasiya, kabelin sıxılması) etdikdə, optik liflərdən keçən şüanın parametrlərində yaranan dəyişmələr icazəsiz müdaxilə kimi qeydə alınır və həyəcan siqnalına səbəb olur.

Lifli optik duyğacın tətbiqi universaldır. Mövcud sistem həm gizli (yeraltı), həm də mühafizə olunan perimetr ətrafında mövcud çəpərlərə quraşdırıla bilər. Bu cür MXS-nin xüsusiyyəti obyektin perimetrinin pozulma yerini deyil, müdaxilə aktını müəyyənləşdirməkdir.

Lifli optik duyğacın çatışmazlıqları: həssas elementlərin torpağa basdırılması xərclərinin çox olması; hasarda quraşdırıldıqda sistemin qiymətini artıran xüsusi örtükdən istifadə edilməsinin vacibliyi; liflərin qaynaq edilməsi üçün bahalı cihazdan istifadə edilməsi tələbinə görə sahə şəraitində həssas elementlərin təmirinin çətinliyi; kənar təsirlərə görə yanlış işə düşmələr əhəmiyyətli dərəcədə azaltmaq üçün duyğacın, yalnız "güclü" müdaxilələri aşkar edə bilməsi; torpaq donduqda duyğacın həssaslığının itməsidir [19, 20].

**Tutum duyğacı.** İş prinsipi çox sadədir və obyektin yaxınlaşması və ya toxunması zamanı duyğacın həssas elementinin Yer səthinə nəzərən tutumunun dəyişməsinə əsaslanır. Tezlikmüəyyənədiç dövrəyə daxil olan həssas element avtogeneratorun girişinə birləşdirilir və onun tutumunun dəyişməsi avtogeneratorun tezliyinin dəyişməsinə, bu işə qurğunun çıxışında həyəcan siqnalının yaranmasına səbəb olur.

Tutum duyğaları ətraf mühitin temperaturundan və həndəsi ölçülərindən asılı olmayaraq pozucunun mühafizə edilən obyektə yaxınlaşmasını nisbətən uzaq məsafədən aşkar etmək



xüsusiyyətinə malikdir. Tutum duyğacıları əsasən, geniş sahələri əhatə edən hündür hasar, enli qapı və s. kimi müxtəlif xarakterli mühafizə çəpərlərində istifadə olunur və bu yerlərdə pozucuları effektiv aşkar edə bilir [4, 5].

Tutum duyğacının çatışmazlıqları: nisbətən kiçik ötürmə (çevirmə) əmsalına malik olması; detalların ekranlaşmasına yüksək tələblərin olması; yüksək tezlikdə (50 Hz ilə müqayisədə) işləmə zərurətidir [21].

**Xarici videomüşahidə sistemi.** Müasir videomüşahidə sistemləri girişə nəzarət və idarəetmə sistemləri kimi mühafizə olunan obyektlərdə qanunsuz müdaxilələri qeydə almaqla yanaşı, həyəcan xəbərdarlıq siqnalları da verir. Bundan başqa, müasir videomüşahidə sistemləri pozucunun təsvirini internet şəbəkəsi ilə lazımı məntəqələrə ötürmək və bu məlumatları arxivləşdirmək imkanlarına malikdir [22].

Xarici videomüşahidə kameraları binalara və ya müəyyən hündürlükdə olan xüsusi dayaqlara quraşdırılarkən, pozucuların kameraya zərər vurma ehtimalı, alınan görüntünün aydınlığı, hər bir kameranın görünüş sahəsinə uyğun olaraq ərazinin tam əhatə edilməsi nəzərə alınmalıdır.

Videomüşahidə sisteminin tətbiqinin çətinlikləri mühafizə olunan obyektin böyük əraziyə malik olmasıdır. Belə sistemlərin vacib hissələrinin sıradan çıxarılmasının qarşısının alınması üçün məsafədən idarə olunan sistem tətbiq olunur. Videomüşahidə sistemlərinə həm avtomatik, həm də avtomatlaşdırılmış rejimdə nəzarət olunur. Qeyd edilən metodlar, yüksək aşkaretmə qabiliyyətli kameraların obyektin ən vacib nöqtələrində quraşdırılmasını nəzərdə tutur. Belə kameraların görüş istiqaməti və fokus məsafəsi uzaqdan idarə olunur. Geniş görmə bucağı və təsvirin yüksək keyfiyyəti, vəziyyəti dərinlən təhlil etməyə və müvafiq əks-tədbirlərin görülməsinə geniş imkan yaradır.

Müşahidə kameraları ağ-qara və rəngli, stasionar və dönən, analog və rəqəmsal olur. Hal-hazırda bir çox kameralarda havanın mənfi temperaturunda yüksək keyfiyyətli çəkiliş aparmağa imkan verən xüsusi qızdırıcı element vardır. Növündən asılı olmayaraq, bütün müasir kameralar gecə çəkilişinə imkan verən İQ işıqlandırma ilə təchiz olunmuşdur [23].

**Teplovizor tipli xarici videomüşahidə sistemi.** Bu qurğu, perimetrə yaxınlaşan obyektin hərəkətini bir neçə yüz metr və daha uzaq məsafədən aşkar edir. Aşkaretmə məsafəsi, insanlar və ya heyvanlar üçün 1,5 km-ə, nəqliyyat vasitələri üçün 5,5 km-ə yaxındır.

Obyektdə teplovizorun istifadəsinin əlavə üstünlüyü istənilən hava şəraitində işləmə qabiliyyətini saxlamasıdır. Mühafizə edilən obyektdə teplovizorun görüntülərini istifadə edərkən adi kameralarla müqayisədə aşkarlanmanın etibarlılığı bir neçə dəfə yüksək olur. Bu unikal xüsusiyyətlərə görə teplovizorlar, açıq sahələri effektiv şəkildə qoruya bilən yeganə vasitələrdən hesab edilir. Qiymətinin bahalı olmasına baxmayaraq teplovizorların görünüş məsafələrini adi nəzarət kameraları ilə əhatə etmək üçün şəbəkə infrastrukturunu da daxil olmaqla çəkilən bütün xərclər, iqtisadi cəhətdən ya müqayisə olunacaq səviyyədə, ya da daha çox olur.

Teplovizorların çatışmazlıqları [24]:

- pozucunun tanınmaması (teplovizora yaxınlaşıb içərisinə baxdıqda belə müdaxilə edən şəxsi müəyyənləşdirmək mümkün olmur);
- ətraf mühitlə pozucu eyni temperaturda olduqda, aşkaretmə ehtimalının olması (bu vəziyyətdə teplovizorun kontrastı pozucunun hərəkətini aşkar etməyə imkan vermir);
- teplovizorların şüşədən və sulu mühitdən görüntüləri əldə edə bilməməsidir.

Videomüşahidə sistemlərinin seçilməsi zamanı bu sistemlərin imkanları və pozucunun növü əsas meyar hesab edilir.

Beləliklə, mövcud duyğacıların xarakterik xüsusiyyətlərinin təhlilinə əsasən qeyd etmək olar ki, istənilən şəraitdə obyektin dayanıqlı və effektiv mühafizəsi üçün məsafədən idarə edilən inteqrasiya olunmuş avtomatlaşdırılmış MXS-nin aşağıda göstərilən funksional imkanlara malik olması daha məqsəduyğundur:

- 1) Ərazinin relyefinə uyğunlaşdırılması;
- 2) Yerin altında və üstündə obyektin perimetri boyunca mühafizə çəpərinin yaradılması;
- 3) Torpağın müəyyən dərinliklərində həssaslığın təmin edilməsi və tənzimlənməsi;



- 4) Ərazidə gecə və gündüz videonəzarətin yerinə yetirilməsi;
- 5) Yanlış işədüşmələrinin istisna edilməsi.

### Nəticə

Aşkarətmə prinsipində müxtəlif fiziki üsullar və alqoritmlər istifadə edilən sistemlər müəyyən şəraitdə səmərəli olduğu halda, digər şəraitdə effektiv və dayanıqlı fəaliyyət göstərə bilmir. Məsafədən idarə edilən inteqrasiya olunmuş mühafizə-xəbərdarlıq komplekslərinin tətbiqi zamanı alt sistemlərin bu xüsusiyyətləri nəzərə alınmalıdır. Pozucunun tipindən, ərazinin geoloji xüsusiyyətlərindən və meteoroloji şəraitindən asılı olmayaraq obyektin mühafizəsinin effektiv təmini üçün mühafizə-xəbərdarlıq sistemində vahid program bazası əsasında bir neçə sistemin orqanik inteqrasiyasından və kompleks şəkildə avtomatlaşdırılmış idarəedilməsindən istifadə etmək məqsəduyğundur.

### ƏDƏBİYYAT

1. Preventive security measures / Annex 17 to the Convention on International Civil Aviation. Security. Safeguarding International Civil Aviation Against Acts of Unlawful Interference 2017, № 10. Chapter 4, page 25-29.
2. Airport security / ICAO. Doc 8973 - Restricted Aviation Security Manual. 2017, № 10. Chapter 11, page 183-206.
3. Пашаев А.М., Набиев Р.Н., Нагиев Н.Т., Велиева Г.Д., Рустамов Р.Р. Особенности проектирования автоматизированного дистанционного охранного комплекса // Вопросы безопасности. 2018, № 1, стр. 32-51.
4. Селищев В.А., Чечуга О.В. Выбор системы охраны периметра. Известия ТулГУ. Технические науки. 2010. Вып. 2. Ч. 2, стр. 227-234.
5. Набиев Р.Н., Гараев Г.И., Рустамов Р.Р. Сравнительный анализ электрических схем ёмкостных датчиков // Известия ЮФУ. Технические науки. 2017, № 3 (188). стр. 51-64.
6. Набиев Р.Н., Велиева Г.Дж., Рустамов Р.Р., Интегрированная дистанционная система охраны и особенности её создания // Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Məcmuələri. 2017, №1(19), стр. 27-31.
7. Охрана периметра.  
<https://vashtvmir.ru/uslugi/oxrana-perimetra/> [daxilolma 19.08.2019].
8. Введенский Б. Охрана периметра коттеджа - технологии и решения // Алгоритм Безопасности, 2009, № 4, стр. 24-28.
9. Инфракрасные лучи. Прозрачность, отражение, преломление.  
<http://masters.donntu.org/2013/fmf/nakonechna/diss/index.htm> [daxilolma 11.03.2019];
10. Буй Чи Тхань, Марин Д. В., Расторгуев В. В. Сравнение ослабления электромагнитных волн миллиметрового и инфракрасного диапазонов в гидрометеорах и пыли/ Электронный журнал «Труды МАИ». 2015. Выпуск № 84, стр. 1-20.
11. Андрианов Е.Ю. Системы охраны периметра.  
<https://os-info.ru/oxrannaya-signalizaciya/kakie-zadachi-dolzna-reshat-sistema-oxrany-perimetra.html> [daxilolma 26.10.2009].
12. Селищев В.А., Чечуга О.В. Выбор системы охраны периметра. Известия ТулГУ. Технические науки. 2010. Вып. 2. Ч. 2, стр. 227-234.
13. Варнеев, Н. Системы охраны периметра задачи и проблема выбора / Н. Варнеев, В. Никитин // БДИ, 2006. № 2 (65). стр. 40-47.
14. Шмалько Д.Ю. Системы охраны протяженных рубежей и периметров.
15. Ю.Введенский, Б.С. Современные системы охраны периметров Часть 3 / Б. С. Введенский // Специальная техника, 1999. № 5. стр. 39-46.
16. Вибрационные (трибоэлектрические) средства обнаружения.  
[http://www.ktso.ru/normdoc8/r78\\_36\\_026-2012/r78\\_36\\_026-2012\\_2-6.php](http://www.ktso.ru/normdoc8/r78_36_026-2012/r78_36_026-2012_2-6.php) [daxilolma 11.07.2019].

17. Введенский Б.С. Подземные дискретные датчики для охраны периметров // Алгоритм безопасности. 2012, № 5. стр. 53, 54.
18. Разинков О.Г., Сидоров-Бирюков Д.Д., Townsend B., Parker T., Bainbridge G., Greiss R. Преимущества и области применения сейсмических приборов для прямой установки в грунт / VI научно-техническая конференция "Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России", г. Петропавловск-Камчатский 2017, стр 5.
19. Волоконно-оптические средства обнаружения. стр. 50-51.  
<https://fgup-okhrana.ru/upload/iblock/7ce/7ce44c2209c3a92c7c7ebedac0cfabc8.pdf> [daxilolma 09.04.2014].
20. Куликов А.В., Волоконно-оптическая система охраны периметра на брэгговских решетках, как перспективный метод мониторинга безопасности объекта // Ползуновский альманах, 2010, №2, стр. 274-278.
21. Александр Криворученко Емкостные промышленные датчики уровня. Проблемы выбора и практика применения. Компоненты и технологии, № 1, 2008. стр. 68-70.
22. Luboš Ovseník, Anna Kažimírová Kolesárová, Ján Turán, "Video Surveillance Systems", Act Electrotechnicaet Informatica, Vol. 10, No. 4, 2010, page 46-53.
23. Система охраны периметра.  
<http://www.smartek.az/index.php?a=pages&lang=ru&id=385> [daxilolma 26.10.2009]
24. Видеонаблюдение на периметре. Часть 2: выбор и установка камер, освещение, тепловизоры  
<https://www.videomax-server.ru/support/articles/videonablyudenie-na-perimetre-chast-2-vybor-i-ustanovka-kamer-osveshchenie-teplovizory/> [daxilolma 19.03.2016].

## **REFERENCES**

1. Preventive security measures / Annex 17 to the Convention on International Civil Aviation. Security. Safeguarding International Civil Aviation Against Acts of Unlawful Interference 2017, № 10. Chapter 4, page 25-29.
2. Airport security / ICAO. Doc 8973 - Restricted Aviation Security Manual. 2017, № 10. Chapter 11, page 183-206.
3. Pashayev A.M., Nabiyev R.N., Nagiyev N.T., Veliyeva G.D., Rustamov R.R. Osobennosti proyektirovaniya avtomatizirovannogo distantsionnogo okhrannogo kompleksa // Voprosy bezopasnosti. 2018, № 1. str.32-51.
4. Selishchev V.A., Chechuga O.V. Vychor sistemy okhrany perimetra. Izvestiya TulGU. Tekhnicheskkiye nauki. 2010. Vyp. 2. CH. 2. str. 227-234.
5. Nabiyev R.N., Garayev G.I., Rustamov R.R. Sravnitel'nyy analiz elektricheskikh skhem yomkostnykh datchikov // Izvestiya YUFU. Tekhnicheskkiye nauki. 2017, № 3 (188). str. 51-64.
6. Nabiyev R.N., Veliyeva G.Dzh., Rustamov R.R., Integrirovannaya distantsionnaya sistema okhrany i osobennosti yeyo sozdaniya // Milli Aviasiya Akademiyasinin Elmi Mecmueleri. 2017, №1(19). str. 27-31.
7. Okhrana perimetra.  
<https://vashtvmir.ru/uslugi/oxrana-perimetra/> [accessed 19.08.2019].
8. Vvedenskiy B. Okhrana perimetra kotedzha - tekhnologii i resheniya // Algoritm Bezopasnosti, 2009, -№ 4, str. 24-28.
9. Infrakrasnyye luchy. Prozrachnost', otrazheniye, prelomleniye.  
<http://masters.donntu.org/2013/fmf/nakonechna/diss/index.htm> [accessed 11.03.2019].
10. Buy Chi Tkhan', Marin D. V., Rastorguyev V. V. Sravneniye oslableniya elektromagnitnykh voln millimetrovogo i infrakrasnogo diapazonov v gidrometeorakh i pyli / Elektronnyy zhurnal «Trudy MAI». 2015. Vypusk № 84. str. 1-20.
11. Andrianov Ye.YU. Sistemy okhrany perimetra.  
<https://os-info.ru/oxrannaya-signalizaciya/kakie-zadachi-dolzha-reshat-sistema-oxrany-perimetra.html> [accessed 26.10.2009].

12. Selishchev V.A., Chechuga O.V. Vybor sistemy okhrany perimetra. Izvestiya TulGU. Tekhnicheskoye nauki. 2010. Vyp. 2. CH. 2. str. 227-234.
13. Varneyev, N. Sistemy okhrany perimetra zadachi i problema vybora / N. Varneyev, V. Nikitin // BDI, 2006. № 2 (65). str. 40-47.
14. Shmal'ko D.YU. Sistemy okhrany protyazhennykh rubezhey i perimetrov.
15. YU.Vvedenskiy, B. S. Sovremennyye sistemy okhrany perimetrov Chast' 3 / B. S. Vvedenskiy // Spetsial'naya tekhnika, 1999. № 5. str. 39-46.
16. Vibratsionnyye (triboelektricheskiye) sredstva obnaruzheniya. [http://www.ktso.ru/normdoc8/r78\\_36\\_026-2012/r78\\_36\\_026-2012\\_2-6.php](http://www.ktso.ru/normdoc8/r78_36_026-2012/r78_36_026-2012_2-6.php) [accessed 11.07.2019];
17. Vvedenskiy B.S. Podzemnyye diskretnyye datchiki dlya okhrany perimetrov // Algoritm Bezopasnosti. 2012, № 5. str. 53, 54.
18. Razinkov O.G., Sidorov-Biryukov D.D., Townsend B., Parker T., Bainbridge G., Greiss R. Preimushchestva i oblasti primeneniya seysmicheskikh priborov dlya pryamoy ustanovki v grunt / VI nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya "Problemy kompleksnogo geofizicheskogo monitoringa Dal'nego Vostoka Rossii", g. Petropavlovsk-Kamchatskiy 2017, str. 5.
19. Volokonno-opticheskiye sredstva obnaruzheniya. str. 50-51. <https://fgup-ohrana.ru/upload/iblock/7ce/7ce44c2209c3a92c7c7e6edac0cfabc8.pdf> [accessed 09.04.2014].
20. Kulikov A.V., Volokonno-opticheskaya sistema okhrany perimetra na breggovskikh reshetkakh, kak perspektivnyy metod monitoringa bezopasnosti ob'yekta // Polzunovskiy al'manakh, 2010, №2, str. 274-278.
21. Aleksandr Krivoruchenko Yemkostnyye promyshlennyye datchiki urovnya. Problemy vybora i praktika primeneniya. Komponenty i tekhnologii, № 1, 2008. str. 68-70.
22. Luboš Ovseník, Anna Kažimírová Kolesárová, Ján Turán, "Video Surveillance Systems", Act Electrotechnicaet Informatica, Vol. 10, No. 4, 2010, page 46-53.
23. Sistema okhrany perimetra. <http://www.smartek.az/index.php?a=pages&lang=ru&id=385> [accessed 26.10.2009]
24. Videonablyudeniye na perimetre. Chast' 2: vybor i ustanovka kamer, osveshcheniye, teplovizory. <https://www.videomax-server.ru/support/articles/videonablyudenie-na-perimetre-chast-2-vybor-i-ustanovka-kamer-osveshchenie-teplovizory/> [accessed 19.03.2016].

## **ВОЗМОЖНОСТИ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ДИСТАНЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОХРАННОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ**

**Р.Р. Рустамов**

*В статье описаны средства обеспечения безопасности периметра гражданской авиации и требования к ним. Проведён сравнительный анализ характеристик датчиков, широко используемых в системах охраны и оповещения периметра, показаны их достоинства и недостатки.*

*Было указано, что для эффективной охраны периметра, независимо от типа нарушителя и погодных условий, необходимо применять органическую интеграцию и комплексное автоматизированное управление на основе единой программной базы несколькими подсистемами в системе предупреждения безопасности. Определены оптимальные технические условия эксплуатации удалённой, интегрированной, автоматизированной системы безопасности и оповещения, которая отвечает современным требованиям, мало подвержена влиянию окружающей среды, работает эффективно и надёжно.*

**Ключевые слова:** Гражданская авиация, авиационная безопасность, система охранной сигнализации, периметр, забор, ёмкость, датчик, нарушитель.

**INTEGRATED DISTANCE PROTECTION GUARDING-WARNING  
SYSTEM OPPORTUNITIES****R.R. Rustamov**

*The article describes the means of ensuring the civil aviation perimeter security and the requirements for them. A comparative analysis of the sensors characteristics widely used in security and warning systems of perimeter is carried out and their advantages and disadvantages are shown.*

*It was pointed out that for effective perimeter protection, regardless of the type of intruder and weather conditions, it is necessary to apply organic integration and complex automated control of several subsystems in a security warning system based on a single software base. The optimal technical conditions for the operation of a remote, integrated, automated security and warning system are determined, which meets modern requirements, is not very susceptible to environmental influences, works efficiently and reliably.*

**Keywords:** *Civil aviation, aviation security, guarding-warning system, perimeter, fence, capacity, sensor, intruder.*

**Müəllif haqqında məlumat**

**Soyadı, adı, atasının adı:** Rüstəmov Ruslan Rüstəm oğlu  
**İş yeri:** Milli Aviasiya Akademiyası  
**Vəzifəsi:** “Aviasiya təhlükəsizliyi” kafedrasının baş müəllimi və doktorantı  
**Maraq sahəsi:** Aviasiya təhlükəsizliyinin təmin edilməsi sahəsində inteqrasiya olunmuş mühafizə sistemlərinin tədqiqidir.  
**E-mail:** [Ruslan\\_433@mail.ru](mailto:Ruslan_433@mail.ru)  
**Əlaqə telefonu:** 055-593-43-88

**Rəyçi:** *t.f.d., dos. K.Ş. Ramazanov*



## AVIASIYA TƏHLÜKƏSİZLİYİ MƏSƏLƏLƏRİNDƏ TERAHERS SPEKTROSKOPIYADAN İSTİFADƏ

T.N. Vəzirova

Milli Aviasiya Akademiyası

*Son illər artan təhlükələrlə əlaqədar olaraq, plastik partlayıcı maddələrin vaxtında aşkarlanması və zərərsizləşdirilməsi aviasiya təhlükəsizlik orqanları qarşısında duran ciddi problemlərdən biridir. Eyni zamanda, elektromaqnit spektrinin terahers oblastının öyrənilməsinə maraq artmaqda davam edir. Məqalədə terahers zaman həll spektroskopiyasından (THz-TDS) istifadə etməklə gizlədilmiş plastik partlayıcı maddələr və onların birləşmələrinin terahers diapazonunda spektral izinin aşkarlanması mümkünlüyü məsələlərinə baxılmışdır. Həmçinin gizlədilmiş təhlükəli maddələrin aşkarlanması üçün istifadə oluna biləcək terahers spektrometrinin prinsipial sxemi və iki müxtəlif partlayıcı maddə - Semtex-H (1), SX2 (2) üçün hesablanmış və ölçülmüş əksölünmə spektri verilmişdir.*

***Açar sözlər:** aviasiya təhlükəsizliyi, plastik partlayıcı maddələr, terahers spektrometr, femtosaniyə lazer, GaSe, InSe kristalları, HMX, RDX, TNT.*

### Giriş

Terahers şüalanma dedikdə  $0,3 - 10$  THs, yəni  $0,3 \cdot 10^{12} - 10 \cdot 10^{12}$  Hz (dalğa uzunluğu 1mm) – intervalında elektromaqnit şüalanması nəzərdə tutulur. Bu tezlik intervalı elektromaqnit spektrinin infraqırmızı (İQ) və mikrodalğa diapazonları arasında yerləşir, buna görə də, bəzən uzaq İQ və ya submillimetr diapazonu adlanır. Astronomik obyektlərin, həmçinin mürəkkəb üzvi molekulların (zülal və DNT molekulları, bir sıra partlayıcı maddələr, atmosfer çirkləndiriciləri -zərərli maddələr) şüalanma spektri terahers diapazonunda yerləşir.

Müasir texnologiyalar nanotexnologiya obyektlərində geniş istifadə olunan kvant ölçülü obyektlərin yaradılmasına imkan verir. Bunlar kvant nöqtələri, kvant naqilləri və s. - dir. Kvant nöqtələrinin həyəcanlanma enerjisi terahers şüalarının fotonlarının enerjisinə uyğun olduğuna görə belə obyektləri terahers şüaları vasitəsilə koherent idarə etmək mümkündür. Terahers şüalarının insan üçün təhlükəsiz olması onun tibbi diaqnostikada, müasir təhlükəsizlik sistemlərində, ekoloji monitorinqdə, tibbi preparatların və qida məhsullarının keyfiyyətinə nəzarətdə, yüksək sürətli əlaqədə tətbiqinə imkan verir.

Son illərdə terahers texnologiyaları, terahers imidcinq (təsvir) və terahers mühafizə sistemləri üzrə işlərə maraq artmışdır. Buna səbəb olan üç əsas əlaməti qeyd edək:

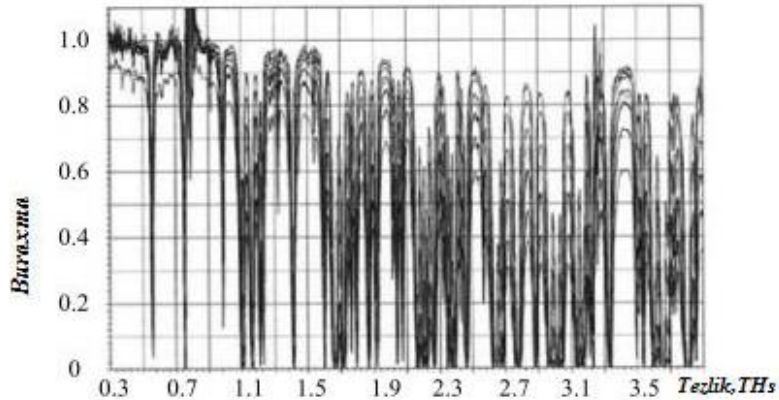
- terahers şüalanması qeyri-metaldan hazırlanmış gizli silahları aşkarlamağa imkan verir, belə ki, karton, geyim, ayaqqabı və s. kimi bütün mümkün bağlamalar terahers şüalarına şəffafdırlar;
- partlayıcı maddələr və narkotiklər spektrin terahers oblastında xarakterik xətlərə malik olduqlarına görə, onlar terahers kameraları vasitəsilə məsafədən (stand off) aşkarlana və identifikasiya oluna bilər;
- terahers şüalanması insan orqanizmi üçün təhlükəli deyildir [1].

**İşin məqsədi.** Son zamanlar plastik bombalar, kimyəvi maddələrdən hazırlanmış bombalar, bioloji silahlar daha çox terroristlərin əlində silaha çevrilir, bundan başqa daima genişlənən qeyri-qanuni narkotik dövriyyəsi təhlükəyə çevrilməkdədir. Bu təhlükələrin cəld aşkarlanması və aradan qaldırılması üçün effektiv vasitələr tələb olunur.

Gizli təhlükələrin aşkarlanması, identifikasiyası və aradan qaldırılması üçün effektiv metodlardan biri elektromaqnit dalğalarının terahers diapazonunun istifadəsidir, belə ki, göstərilən materiallar bu spektral tezliklər oblastında ( $0,5-10$  THz) xarakterik udma və əksölünmə xətlərinə malikdirlər. Praktik olaraq, bütün partlayıcı maddələr (C-4, HMX, RDX, TNT və s.) və narkotik maddələr geyim, insan dərisi və s. kimi digər materiallardan fərqlənən udma və əksölünmə spektrinə malikdirlər. Bu materiallar hətta gizlədilmiş olsalar belə, terahers spektrlərinə görə, müəyyən oluna bilirlər, belə ki, terahers şüalanması qeyri-metal materiallardan keçə bilər.

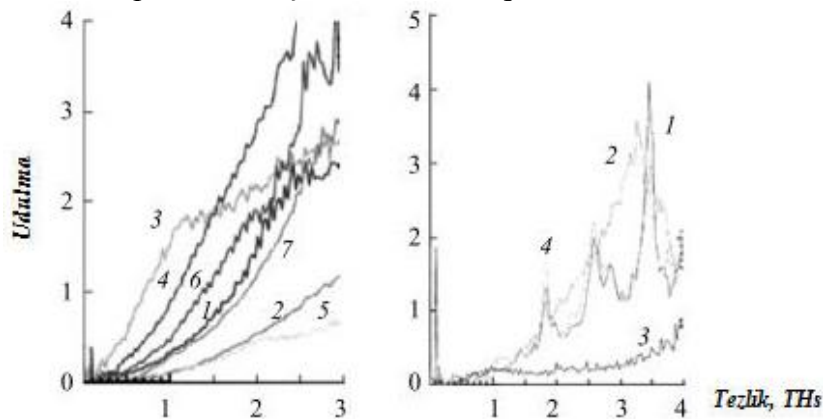
Məsafədən ölçmələr zamanı atmosferin təsiri prinsipial əhəmiyyət daşımağa başlayır. Şəkil 1-də 300QHs-4THs tezlik diapazonunda atmosferin buraxma qabiliyyətinin ölçülməsi istiqamətində aparılan təcrübələrin nəticələri verilmişdir.

Şəkil 1-dən görüldüyü kimi terahers diapazonunda çoxlu sayda udulma xətləri müşahidə olunur ki, buna da səbəb olaraq, atmosferdə olan su buxarını göstərmək olar. Lakin buna baxmayaraq standoff-aşkarlama üçün kifayət edəcək nisbətən kiçik məsafədə (50-100 m) və orta nəmişlikdə (<58%) terahers diapazonunu gizli obyektlərin aşkarlanması üçün kifayət qədər şəffaf hesab etmək olar. Müəlliflər belə bir nəticəyə gəliblər ki, 1,4-4 THs tezlik diapazonunda atmosferdə ən azı beş şəffaf pəncərəsi mövcuddur.



**Şək. 1.** Nisbi nəmişlikdən asılı olaraq (5% (yuxarı əyri) – 58% (aşağı əyri)) 0,3 – 4 THs tezlik oblastında atmosferin buraxma qabiliyyəti (0,3 THs tezliyində buraxma vahid kimi qəbul edilmişdir) [2]

Şəkil 2-də təcrübələr zamanı əldə edilmiş bir sıra plastik partlayıcı maddələrin və onların tərkib hissələrinin udulma spektrləri verilmişdir [3]. Görüldüyü kimi, partlayıcı maddələr hər biri spesifik xüsusiyyətlərə malikdirlər. Məsələn, RDX əsaslı partlayıcı maddələr 820 QHs oblastda pikə (rezonansa) malikdir və bu maddələri identifikasiya etmək olar, lakin udulma spektrində izin olması vacib detal olsa da naməlum maddənin identifikasiyası üçün kifayət deyildir. Yəni, partlayıcı maddələrin identifikasiyası zamanı əsas məsələ təhlükəli olmayan amma oxşar xüsusiyyətlərə malik digər materialların spektrlərini partlayıcı maddələrin spektrlərindən fərqləndirilməsidir. Şəkil 3-dən də, görüldüyü kimi THs diapazonda bu şərtlər tam olaraq təmin olunur.



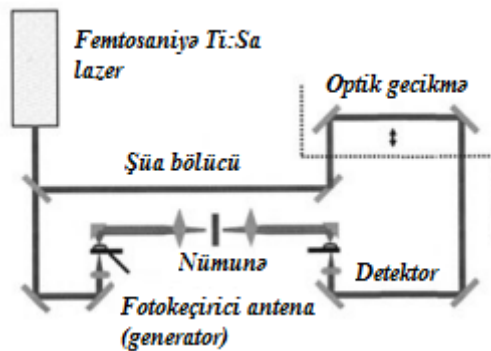
**Şək. 2.** Materialların udulma spektri: a – bağlama və geyim üçün istifadə olunan (1 – pambıq; 2 – ipək; 3 – yun; 4 – dəri; 5 – neylon; 6 – poliester; 7 – poliester/pambıq); b – partlayıcı maddələrin identifikasiyasını çətinləşdirən materiallar (1 – südlü şokolad; 2 – vitamin; 3 – dənəvərlənmiş şəkər; 4 – şəkər pudrası) [3]

6 THz-ə hətta 10 THs-ə qədər oblast partlayıcı maddələr üçün çoxlu sayda spektral xassələrin olması ilə xarakterizə olunur, lakin rütubətli hava 2-3 THs tezlik oblastında şüalanma üçün şəffaf hesab olunmur [4]. Buna görə də, standoff - tətbiq üçün THs diapazonunun kifayət qədər kiçik hissəsi (0.3 - 3 THs) istifadəyə yararlıdır.

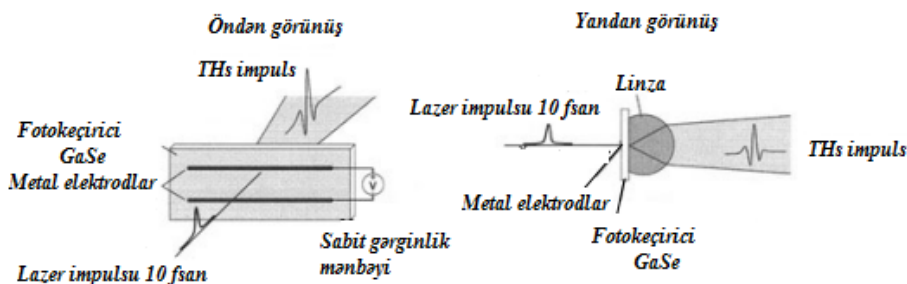
#### **Eksperimental nəticələr**

Bu metod femtosaniyə impulsların (10 – 100fsan) köməyi ilə koherent terahers impulsların generasiyası və detektəsinə əsaslanır. Bu zaman lazer şüası iki hissəyə ayrılır, onlardan biri fotokeçirici antenada ifratqısa THs impuls generasiya edir, digəri isə fotodetektorda zaman gecikməsini qeyd edir. Fotokeçirici antena yarımkeçirici materialdan ibarət lövhə olub, üzərində 50-200 mkm məsafədə iki paralel metal- elektrod yerləşdirilmişdir. Metal elektrodlara sabit gərginlik verildikdə antena generator kimi istifadə olunur. Lövhəyə femtosaniyə lazer impulsları düşdükdə yarımkeçiricidə yükdaşıyıcıların generasiyası baş verir və səthi cərəyan yaranır.

Elektrodlar arasında gərginlik olmadıqda antena THs şüalanması detektoru kimi istifadə olunur. Bu zaman nümunəvi lazer impulsunun təsiri altında yarımkeçiricidə yaranan yüklər lazer şüasına nisbətən antenaya gecikmə ilə düşən THs-impulsunun təsiri ilə hərəkət edir. Bu halda elektrodlar arasında axan cərəyanın qiyməti THs impulsunun elektrik sahəsinin gərginliyinə proporsionaldır. Belə detektə THs spektroskopiyaya adlanır. Eyni zamanda belə detektə nəinki, nümunədən keçən və əks olunan şüalanmanın amplitudunu, həmçinin onun fazasını detektə edə bilir.



Şəkil 3. Terahers zaman-həll spektrometrinin prinsiplial sxemi



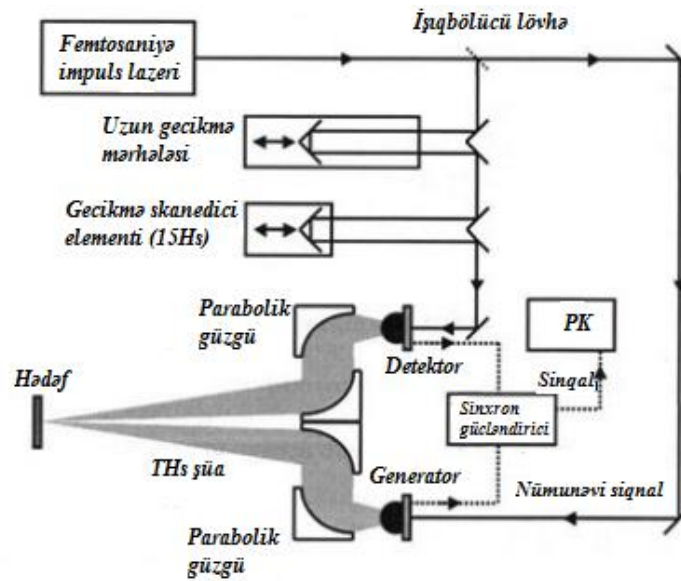
Şəkil 4. Fotokeçirici antena

Təcrübələrdə “Toptica” FFPRONIR (FemtoFiberproNIR (1560 nm və 780 nm) firmasının Ti:sapfir femtosaniyə lazerindən istifadə olunmuşdur. Lazerin orta şüalanma gücü 360mW, şüalanmanın dalğa uzunluğu 780 nm, spektral eni 108 nm, impulsun davam etmə müddəti 10 fsandır. Terahers şüalanma qalınlığı müvafiq olaraq, 45 mkm və 35 mkm olan GaSe kristalları ilə generasiya edilmiş və detektə olunmuşdur. İnSe kristalları üçün bu kəmiyyətlər müvafiq olaraq, 40 mkm və 32 mkm-ə bərabərdirlər. Aparılan təcrübələr nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, GaSe və İnSe kristalları 0,1-6 THs tezlik diapazonunda generator və detektor kimi istifadə oluna bilərlər [5].

THs şüaları vasitəsilə məsafədən aşkarlama sisteminin sxemi şəkil 5-də verilmişdir. Ti:sapfir femtosaniyə lazerinin şüası işıqbölücü lövhə vasitəsilə iki yerə bölünür, onlardan biri fotokeçirici antenaya təsir edən sovurucu şüa (20%), digəri isə obyektədən əks olunan THs şüasının detektə olunmasına xidmət edən nümunəvi şüa (80%) hesab olunur.

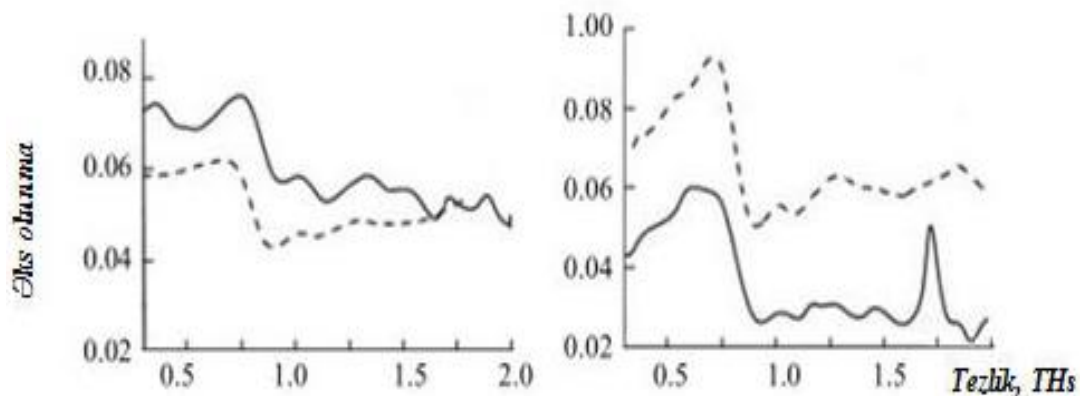
Nümunəvi şüa kanalında sabit gecikmə xətləri 1000mm və 15Hs tezliklə dəyişən gecikmə yerləşdirilmişdir və onlar zaman strobunu formalaşdırır (hər iki xəttin tərkibinə güzgü bucaq əksətdiriciləri daxildir). THs şüalanmanın yığılma effektivliyini artırmaq üçün fotokeçiricilərin səthində yüksək müqavimətli silisiumdan hazırlanmış hiperyarımsferik linzalar yerləşdirilir. THs

şüalarının kollimasiyası və fokuslanması üçün ölçmə sxemində diafraqma ədədi  $f/1$  olan iki parabolik linza tətbiq olunur.



Şəkil 5. Partlayıcı maddələri məsafədən aşkar etmək üçün THs sistem

İki müxtəlif partlayıcı maddə nümunələrində aparılmış ölçmələrin nəticələri şəkil 6-da verilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi, hesabi nəticələr ilə uyğunluq əldə edilmişdir: hər iki halda 0,8, 1,05 və 1,4 THs tezliklərində əksölünmə xüsusiyyətləri meydana çıxmışdır (hər iki nümunədə əsas komponent kimi RDX istifadə olunduğuna görə tezliklər eynidir).



Şəkil 6. İki müxtəlif partlayıcı maddənin: Semtex-H (1) və SX2 (2) 1m məsafədən ölçülmüş (bütöv əyri) və hesablanmış (ştrixli əyri) əksölünmə spektrləri

### Nəticə və təkliflər

Tədqiqatlara əsasən təsdiq olunmuşdur ki, THs tezlik oblastında GaSe və InSe kristallarının terahers generatoru kimi istifadəsi mümkündür. Həmçinin, iki müxtəlif partlayıcı maddə nümunələrində aparılmış ölçmələrin nəticələrinə əsasən demək olar ki, terahers zaman həll spektroskopiyası (THz-TDS) metodu gizlədilmiş partlayıcı maddələrin aşkarlanması üçün perspektiv metod hesab oluna bilər.

### ƏDƏBİYYAT

1. Бадалов А.З., Сардарлы Р.М., Муса-заде (Везирова) Т.Н. Современные методы терагерцовой спектроскопии, Elmi Məcmuələr, Cild 14, №3, 2012, səh. 13-24.



2. Kurt J. Linden, Andrew J. Gatesman, Andriy Danylov, William R. Neal, Jerry Waldman. "Terahertz Laser Based Standoff Imaging System", 34th Applied Imagery and Pattern Recognition Workshop (AIPR'05), 2005, Washington, DC, 7-14.
3. Michael C. Kemp, Millimetre wave and terahertz technology for the detection of concealed threats: a review, Proceedings Volume 6402, Optics and Photonics for Counterterrorism and Crime Fighting II; 64020D (2006) <https://doi.org/10.1117/12.692612>.
4. Tao Yuan; Haibo Liu; Jingzhou Xu; Fatemeh Al-Douseri; Ying Hu; Xi-Cheng Zhang Proc. SPIE 5070, Terahertz time-domain spectroscopy of atmosphere with different humidity, 0000 (29 July 2003); doi: 10.1117/12.504295.
5. Bədəlov A.Z., İsmayilov N.M., Vəzirova T.N. GaSe VƏ InSe kristalları ilə terahers dalğalarının şüalanması və qəbulu, Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Əsərləri, Bakı-2018, №2, səh. 84-91.
6. Сардарлы Р.М., Бадалов А.З., Везирова Т.Н., Абдуллаев А.П., Гает F., J.-L. Coutaz, Оруцова А.А. Особенности терагерцевых спектров слоистых кристаллов TlInS<sub>2</sub>, Физика твердого тела, 2016, том 58, вып. 1, стр. 27-31.

## **REFERENCES**

1. Badalov A.Z., Sardarly R.M., Musa-zade (Vezirova) T.N., "SovremenniYE metodi teraqercovoy spektroskopii", Elmi Mecmueler, Cild 14 №3, 2012, str. 13-24.
2. Kurt J. Linden, Andrew J. Gatesman, Andriy Danylov, William R. Neal, Jerry Waldman. "Terahertz Laser Based Standoff Imaging System", 34th Applied Imagery and Pattern Recognition Workshop (AIPR'05), 2005, Washington, DC, 7-14.
3. Michael C. Kemp, Millimetre wave and terahertz technology for the detection of concealed threats: a review, Proceedings Volume 6402, Optics and Photonics for Counterterrorism and Crime Fighting II; 64020D (2006) <https://doi.org/10.1117/12.692612>.
4. Tao Yuan; Haibo Liu; Jingzhou Xu; Fatemeh Al-Douseri; Ying Hu; Xi-Cheng Zhang Proc. SPIE 5070, Terahertz time-domain spectroscopy of atmosphere with different humidity, 0000 (29 July 2003); doi: 10.1117/12.504295.
5. Badalov A.Z., İsmayilov N.M., Vezirova T.N., GaSe ve InSe kristallari ile terahers kristallarinin shualanmasi ve qebulu, Milli Aviasiya Akademiyasinin Elmi Eserleri, Bakı-2018, №2, seh. 84-91.
6. Sardarly R.M., Badalov A.Z., Vezirova T.N., AbdullaYEv A.P., Garet, J.-L. Coutaz, Orucova A.A. Osobenneosti teraqercevix spektrov sloistix kristallov TlInS<sub>2</sub>, Fizika tverdoqo tela, 2016, tom 58, vip., str 27-31.

## ***ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРАГЕРЦОВОЙ СПЕКТРОСКОПИИ В АВИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ***

***Т.Н. Везирова***

*В последние годы в связи с растущими угрозами взрывов обнаружение и обезвреживание пластиковых взрывчатых веществ является одной из основных проблем, стоящих перед органами авиационной безопасности. В том числе возрастает интерес к изучению терагерцовой области электромагнитного спектра В статье рассмотрены возможности использования терагерцовой временной спектроскопии (THz-TDS) для обнаружения скрытых пластиковых взрывчатых веществ (HMX, RDX, TNT, Semtex), задана принципиальная схема терагерцового спектрометра, а также рассчитанный и измеренный отражательный спектр для двух разных взрывчатых веществ Semtex-H и SX2. Таким образом, определена перспективность использования терагерцовой временной спектроскопии для обнаружения пластиковых взрывчатых веществ.*

**Ключевые слова:** авиационная безопасность, пластиковые взрывчатые вещества, терагерцовый спектрометр, фемтосекундный лазер, кристаллы GaSe, InSe, HMX, RDX, TNT, Semtex.

**THE USING OF TERAHERTZ SPECTROSCOPY IN AVIATION SECURITY****T.N. Vəzirova**

*In recent years, in connection with growing threats, the detection and disposal of plastic explosives has been one of the main problems aviation security agencies come across. Along with side, interest in the study of the terahertz region of the electromagnetic spectrum is increasing. The article deals with the possibilities of using terahertz time spectroscopy (THz-TDS) for detecting hidden plastic explosives (such as HMX, RDX, TNT), Semtex , gives a schematic diagram of a terahertz spectrometer, as well as a calculated and measured reflection spectrum for two different explosives Semtex-H and SX2. As a result, the prospectivity of using terahertz time spectroscopy to detect plastic explosives has been determined.*

**Key words** — aviation security, plastic explosives, terahertz spectrometer, femtosecond laser, GaSe, InSe crystals, HMX, RDX, TNT, Semtex.

**Müəllif haqqında məlumat**

<b>Soyadı, adı, atasının adı</b>	Vəzirova Turanə Natiq qızı
<b>İş yeri</b>	Milli Aviasiya Akademiyası, “Aerokosmik cihazlar kafedrası”
<b>Vəzifəsi</b>	Aerokosmik cihazlar kafedrası, müəllim
<b>Maraq sahəsi</b>	Bərk cism elektronikasısı, radioelektron komponentlər, mikro və nanoelektronika
<b>E-mail</b>	<a href="mailto:turana.musa-zade@yandex.com">turana.musa-zade@yandex.com</a>
<b>Əlaqə telefonu</b>	(+994) 55 366 98 11

**Rəyçi: t.f.d., prof. N.M. İsmayilov**

## MATERIALSÜNASLIQ

UOT 547.425:547.464:547.569

DOI:10.34826/NAA.2020.21.4.6

2[3(4)-METİLTİKLOHEKSEN-3-İL-İZOPROPİL]-4-XLORFENOLLARIN  
MORFOLİNLƏ AMİNOMETİLLƏŞMƏ REAKSİYALARI

S.T. Şahmuradov

AMEA Neft-kimya Prosesləri İnstitutu

Məqalədə izoprenin tsiklodimerləri ilə *p*-xlorfenolun alkilləşmə reaksiyalarından alınmış 2[3(4)-metiltsikloheksen-3-il-izopropil]-4-xlorfenolların formaldehid və morfolinlə aminometilləşməsi nəticəsində onların Mannix əsaslarının alınmasından və fiziki-kimyəvi xassələrinin təyin edilməsindən bəhs edilir. Müəyyən edilmişdir ki, 2-tsikloalkil-4-xlorfenolların morfolinlə aminometilləşmə reaksiyaları nəticəsində 72.3-76.1% çıxımla (götürülən tsikloalkilxlorfenola görə) 2-morfolinometil-4-xlor-6-[3(4)-metiltsikloheksen-3-il-izopropil]-4-xlorfenollar alınır.

**Açar sözlər:** *p*-Xlorfenol, 3(4)-metilizopropiltsikloheksen-3-il, alkilləşmə, 2-metiltsikloheksen-3-il-izopropil-4-xlorfenol, formaldehid, morfolin, aminometilləşmə, morfolinotsikloalkilxlorfenol.

Aminometilləşmiş alkilfenollar sənayenin, kənd təsərrüfatının müxtəlif sahələrində, tibbdə, neft məhsullarının aromatsızlaşdırılmasında, olefinlərin oliqomerləşməsi və polimerləşməsi proseslərində katalitik prekursorlara liqand kimi geniş istifadə olunurlar.

Mirzəyev V.H. və b. [1] fenolun kationit katalizatorunun iştirakında pirolizin C<sub>4</sub>-fraksiyasının dimetləşmə məhsulları ilə alkilləşmə reaksiyalarını tədqiq etmişlər. Alkillaşmə reaksiyaları nəticəsində fenolun C<sub>8</sub>-C<sub>12</sub>-fraksiyası ilə əsasən *p*-alkilfenolların alındığı müəyyən edilmişdir.

Nağıyeva M.V. və b. [2] tərəfindən fenolun tsikloheksenkarbon turşusunun etil efiri ilə KY-23 katalizatoru iştirakında tsikloalkilləşmə reaksiyası aparılmış və müxtəlif parametrlərin məqsədli məhsulun çıxımına və seçiciliyinə təsiri araşdırılmışdır.

Ədəbiyyat mənbələrində [3-5] fenolun okten-1 ilə seolit tərkibli katalizatorların iştirakında alkillaşmə və alınmış məhsulların asilləşmə reaksiyalarının tədqiqindən bəhs olunur.

Alınmış alkilfenolların aminometilləşmiş törəmələri geniş istifadə sahələrinə malik olduqları müəyyən edilmişdir. Buna səbəb tərkibində həm alkil, hidroksil qrupları, həm də azot fraqmentinin olmasıdır ki, bu da belə tərkibli kimyəvi birləşmələrin polifunksional xassələrinin olmasını təmin edir. Bu birləşmələrdə benzol həlqəsinin molekulunda alkil qrupunu tsikloalkil qrupu ilə əvəzləməklə, benzol həlqəsinə xlor atomu əlavə etməklə, maddənin səmərəli xassələrini artırmaq olar. Məlumdur ki, molekulunda tsikloalkil qrupu saxlayan bu cür kimyəvi birləşmələr tətbiq olunduqları obyektlərdə yaxşı həll olurlar və onlar yüksək temperatura qarşı daha davamlıdırlar.

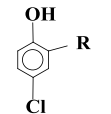
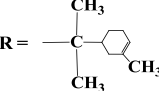
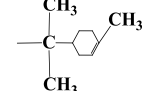
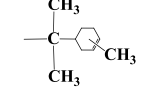
**İşin məqsədi.** Mannix əsaslarının alınması sahəsində aparılan elmi tədqiqatların dairəsinin genişləndirilməsi, alınan aminometilləşmiş kimyəvi birləşmələrin çeşidinin artırılması və onların yeni istifadə sahələrinin müəyyən edilməsi məqsədilə tərəfimizdən sintez olunmuş 2-tsikloalkil-4-xlorfenolların [6] formaldehid və morfolinlə qarşılıqlı təsir reaksiyaları tədqiq edilərək yeni quruluşa malik 2-morfolinometil-4-xlor-6-metiltsikloalkilfenollar sintez olunmuş və fiziki-kimyəvi xassələri öyrənilmişdir.

## Təcrübi hissə

İlkin xammal kimi istifadə olunan 2[3(4)-metiltsikloheksen-3-il-izopropil]-4-xlorfenolların fiziki-kimyəvi xassələri cədvəl 1-də verilir.

Cədvəl 1

2[3(4)-metiltsikloheksen-3-il-izopropil]-4-xlorfenolların fiziki-kimyəvi xassələri

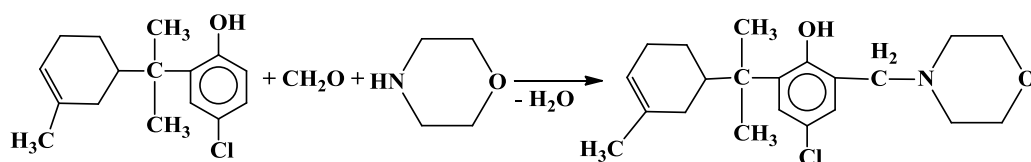
	Qayn. temp. 10mm c.st.	$n_D^{20}$	$\rho_4^{40}$	Mol. kütlə	Element tərkibi,%			
					Hesablanıb		Tapılıb	
					C	H	C	H
	216-220	1.51 80	1.0295	265	72.6	7.9	71.8	8.5
	221-225	1.52 08	1.0279	265	72.6	7.9	72.3	7.7
	219-223	1.51 73	1.0254	265	72.6	7.9	72.2	7.5

Alınmış birləşmələrin İQ-spektri «Perkin-Elmer» firmasının istehsal etdiyi «Spektrum BX» və «BRUKER» firmasının istehsalı olan «ALPHA İQ Furye» (AFR) spektrometrlərində çəkilmişdir.

Alınmış birləşmələrin NMR-spektri «BRUKER» firmasının istehsalı olan 300mHz tezlikli NMR spektrometrlərində (AFR) çəkilmişdir.

**2-Morfolinometil-4-xlor-6(3-metiltsikloheksen-3-il-izopropil)-fenolun sintezi**

*p*-Xlorfenolun (PXF) 1-metil-3-izopropiltsikloheksen-3-il ilə (diprenlə) DP katalitik alkiləşmə reaksiyasından alınmış 2(3-metiltsikloheksen-3-il-izopropil)-4-xlorfenolun formaldehid və morfolinlə qarşılıqlı təsir reaksiyası aşağıdakı tənlik üzrə gedir.



Kolbaya 7.6 q morfolin, 50 ml benzol və 10.0 q formaldehid məhlulu əlavə olunub qızdırılır. Reaksiya qarışığının temperaturu 40°C-yə çatdıqda onun üzərinə hissə-hissə 26.5 q 2(3-metiltsikloheksen-3-il-izopropil)-4-xlorfenol əlavə olunur. Sonra reaksiyanın temperaturu 80°C-yə qədər qaldırılır və bu temperaturda qarışma 2.5 saat davam etdirilir. Sonra qarışiq yuxarıda göstərilən metodika ilə yuyulub təmizlənilir və rektifikasiya olunur. Nəticədə 32.2 q məqsədli məhsul alınır ki, bu da götürülən tsikloalkilxlorfenola görə çıxımın 76.1% olduğunu göstərir.

2-Morfolinometil-4-xlor-6(3-metiltsikloheksen-3-il-izopropil)fenolun İQ spektrində aşağıdakı udulma zolaqları müşahidə olunur: naften halqasının C-H rabitəsi 974, 1070, 1115 və 1350  $\text{sm}^{-1}$ , benzol halqalarının C=C rabitələri 1500  $\text{sm}^{-1}$  zolaqlarında müşahidə olunur;  $\text{CH}_2$  və  $\text{CH}_3$  qruplarındakı C-H rabitəsinin deformasiya və valent sürüşmələri 3855-2925  $\text{sm}^{-1}$ , hidroksil qrupunun O-H rabitəsinə uyğun deformasiya və valent rəqsləri 3557-3120  $\text{sm}^{-1}$ , benzol halqasının orto-əvəzölunmələrə 810, 880  $\text{sm}^{-1}$ , C-Cl rabitəsinə 655, 705  $\text{sm}^{-1}$ , -NH- qrupuna isə 1260  $\text{sm}^{-1}$ , izopropil radikalının metil qrupları 1345  $\text{sm}^{-1}$  zolaqlarında rast gəlinir.

Sintez olunmuş 2-morfolinometil-4-xlor-6(3-metiltsikloheksen-3-il-izopropil)fenolun  $^1\text{H}$

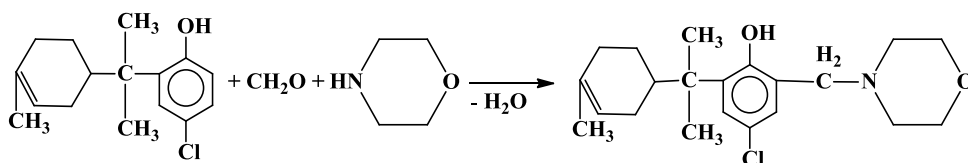


NMR spektrində aşağıdakı funksional qrupların protonları: CH<sub>3</sub>- sinqlet 1.0 ppm; tsikloheksenə birləşmiş CH<sub>3</sub> sinqlet 1.25 ppm; tsikldəki -CH<sub>2</sub>- yayılmış siqnal -1.7-1.8 ppm; OH-qrupunun protonu-6.5 ppm sahəsində sinqlet şəklində; H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub> protonları multiplet – 6.8-7.3 ppm sahəsində müşahidə olunmuşdur.

Beləliklə, 2-morfolinometil-4-xlor-6(3-metiltsikloheksen-3-il-izopropil)fenolun İQ və <sup>1</sup>H NMR spektrlərinin inteqral əyriləri onun kimyəvi strukturunun dəqiqliyini təsdiq edir.

### 2-Morfolinometil-4-xlor-6(4-metiltsikloheksen-3-il-izopropil)fenolun sintezi

Eyni ilə 1-metil-4-izopropiltsikloheksen-3-il ilə (dipenten) əsasında alınmış 2(4-metiltsikloheksen-3-il-izopropil)-4-xlorfenolun formaldehid və morfolinlə aminometilləşmə reaksiyası aparılmışdır:

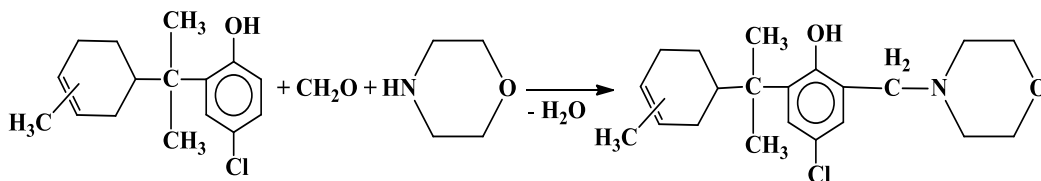


Aminometilləşmə reaksiyası üçün götürülən ilkin xammalların miqdarı, təcrübənin aparılma şəraiti yuxarıda göstərilən təcrübənin göstəricilərinə uyğundur.

Reaksiya məhsulları rektifikasiya olunduqdan sonra 30.1 q 2-morfolinometil-4-xlor-6(4-metiltsikloheksen-3-il-izopropil)fenol alınır ki, bu da çıxımın 72.3% olduğunu göstərir.

Dipenten əsasında sintez olunmuş Mannix əsasının İQ və <sup>1</sup>H NMR spektrləri dipren əsasında sintez olunmuş aminin spektrlərinin nəticələri ilə üst-üstə düşür.

### 2-Morfolinometil-4-xlor-6[3(4)-metiltsikloheksen-3-il-izopropil]fenolun sintezi



Nəticədə 27.4 q 2-morfolinometil-4-xlor-6[3(4)-metiltsikloheksen-3-il-izopropil]-4-xlorfenol alınır ki, bu da ilkin xammala görə çıxımın 75.6% olduğunu göstərir.

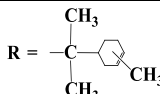
2-Morfolinometil-4-xlor-6 [3(4)-metiltsikloheksen-3-il-izopropil]-4-xlorfenolun İQ və <sup>1</sup>H NMR-spektrləri yuxarıda göstərilən maddənin spektrləri ilə üst-üstə düşür.

Sintez olunmuş 2-morfolinometil-4-xlor-6-[3(4)-metiltsikloheksenil-3-il-izopropil]-4-xlorfenolların fiziki-kimyəvi xassələri cədvəl 2-də verilir.

Cədvəl 2

2-Morfolinometil-4-xlor-6-[3(4)-metiltsikloheksenil-3-il-izopropil]-4-xlorfenolların fiziki-kimyəvi xassələri

R	Empirik formulu	Qayn. temp. 10 mm c.st.	$n_D^{20}$	$\rho_4^{40}$	Molkütlə	Hesablanıb,% Tapılıb,%		
						C	H	N
	C <sub>21</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub> NCl	227-231	1.5447	1.0564	363	$\frac{69.4}{69.0}$	$\frac{8.3}{7.8}$	$\frac{3.9}{3.7}$
	C <sub>21</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub> NCl	230-235	1.5503	1.0736	363	$\frac{69.4}{69.0}$	$\frac{8.3}{7.9}$	$\frac{3.9}{3.5}$

	C <sub>21</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub> NCl	226-235	1.5480	1.0682	363	$\frac{69.4}{68.8}$	$\frac{8.3}{7.7}$	$\frac{3.9}{3.3}$
---	--	---------	--------	--------	-----	---------------------	-------------------	-------------------

**Nəticə**

2(Metiltsikloheksen-3-il-izopropil)-4-xlorfenolların formaldehid və morfolinlə aminometilləşmə reaksiyaları tədqiq olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, 2-tsikloalkil-4-xlorfenolların morfolinlə aminometilləşmə reaksiyaları nəticəsində 72.3-76.1 % (götürülən tsikloalkilxlorfenola görə) çıxımla 2-morfolinometil-4-xlor-6-[3(4)-metiltsikloheksen-3-il-izopropil]-4-xlorfenollar alınır.

**ƏDƏBİYYAT**

1. MirzaYEV V.H., Majidov E.A., Rasulov Ch.K.. Some Peculiarities of interaction Reaction of Phenol with the Dimerization products of C<sub>4</sub> fraction of gasoil pyrolysis // Global Journal of Chemistry, 2017, vol.3, №1, pp.136-142.
2. NaghiYEVa M.V., Abasov V.M., Rasulov Ch.K., AghamaliYEV Z.Z. Synthesis of ethyl esters 4(4-hydroxyphenyl) and 4-methyl-(4- hydroxyphenyl)cyclohexanecarboxylic acid and their phosphitized derivatives // Processes of petrochemistry and oil refining, 2018, vol.19, No 4, pp.13-20.
3. Покровская С.В., Корбут Е.Я. Инновационные идеи модернизации процесса алкилирования фенола с целью повышения качества алкилата // Промышленность. Прикладные науки. Химическая технология. 2018, № 11, С. 101-107.
4. Dana Vitvarova, Lenka Lupinkova, Martin Kubu. Acylation of phenols and acylation 2-methoxynaphthalene over SSZ-33 zeolites // Microporous and Mesoporous Materials, 2015, vol.210, P.133-141.
5. Z. Mehraban et.al. Synthesis and Characterization of Mesoporous Aluminum Silicate as a Remarkable Solid Acid Catalyst for Alkylation of Phenol with 1-Octene // Chinese journal of catalysis, 2007, vol. 28(4), P.357-363.
6. Шахмурадов С.Т., Агамалиев З.З., Расулов Ч.К. Взаимодействие *para*-хлорфенола с циклодимерами изопрена в присутствии фосфорсодержащего цеолита // Нефтепереработка и нефтехимия, 2017, № 6, с. 21-24.

**REFERENCES**

1. MirzaYEV V.H., Majidov E.A., Rasulov Ch.K.. Some Peculiarities of interaction Reaction of Phenol with the Dimerization products of C<sub>4</sub> fraction of gasoil pyrolysis // Global Journal of Chemistry, 2017, vol.3, №1, pp.136-142.
2. NaghiYEVa M.V., Abasov V.M., Rasulov Ch.K., AghamaliYEV Z.Z. Synthesis of ethyl esters 4(4-hydroxyphenyl) and 4-methyl-(4- hydroxyphenyl)cyclohexanecarboxylic acid and their phosphitized derivatives // Processes of petrochemistry and oil refining, 2018, vol.19, No 4, pp.13-20.
3. Pokrovskaya S.V., Korbut E.Ya. Innovatsionnyie idei modernizatsii protsesssa alkilirovaniya fenola s tselyu povyisheniya kachestva alkilata // Promyishlennost. Prikladnyie nauki. Khimicheskaya tehnologiya. 2018, № 11, S. 101-107.
4. Dana Vitvarova, Lenka Lupinkova, Martin Kubu. Acylation of phenols and acylation 2-methoxynaphthalene over SSZ-33 zeolites // Microporous and Mesoporous Materials, 2015, vol.210, P.133-141.
5. Z. Mehraban et.al. Synthesis and Characterization of Mesoporous Aluminum Silicate as a Remarkable Solid Acid Catalyst for Alkylation of Phenol with 1-Octene // Chinese journal of catalysis. 2007, vol. 28(4), P.357-363.

6. Shahmuradov S.T., Agamaliyev Z.Z., Rasulov Ch.K. Vzaimodeystvie para-hlorfenola s tsiklodimerami izoprena v prisutstvii fosforsoderzhashego tseolita // Neftepererabotka i neftekhimiya, 2017, № 6, s. 21-24.

**РЕАКЦИИ АМИНОМЕТИЛИРОВАНИЯ 2[3(4)- МЕТИЛЦИКЛОГЕКСЕН –  
3-ИЛ-ИЗОПРОПИЛ]-4-ХЛОРФЕНОЛОВ МОРФОЛИНОМ  
С.Т. Шахмурадов**

*В статье приведены результаты реакции получения оснований Манниха аминометилированием 2[3(4)-метилциклогексен-3-ил-изопропил]-4-хлорфенолов, полученных алкилированием пара-хлорфенола циклодимерами изопрена, формальдегидом и морфолином, также были определены физико-химические показатели синтезированных соединений. Было установлено, что в результате аминометилирования 2-циклоалкил-4-хлорфенолов морфолином, выход целевых 2-морфолин-ометил-4-хлор-6-[3(4)-метилциклогексен-3-ил-изопропил]-4-хлорфенолов составил 72.3-76.1% (по взятому циклоалкилхлорфенолу).*

**Ключевые слова:** *p-хлорфенол, 3(4)-метилизопропилциклогексен-3-ил, алкилирование, 2-метилциклогексенизопропил-4-хлорфенол, формальдегид, морфолин, аминометилирование, морфолиноциклоалкилхлорфенол.*

**REACTIONS OF AMINOMETHYLATION 2 [3 (4) - METHYLCYCLOHEXEN-3-YL-  
ISOPROPYL] -4-CHLOROPHENOLS BY MORPHOLINE  
S.T. Shahmuradov**

*The article presents the results of the reaction of obtaining Mannich bases by aminomethylation of 2[3(4)-methylcyclohexen-3-yl-isopropyl]-4-chlorophenols, which were obtained by alkylation of para-chlorophenol with cyclodimers of isoprene, with formaldehyde and morpholine, and physico-chemical parameters of the synthesized bases were also determined. It was found that by aminomethylation of 2-cycloalkyl-4-chloro-phenols with morpholine, the yield of the desired 2-morpholinomethyl-4-chloro-6-[3(4)-methylcyclohexen-3-yl-isopropyl]-4-chlorophenols amounted to 72.3-76.1% (taken cyclochlorophenol).*

**Keywords:** *p-chlorophenol, 3(4)-methylisopropylcyclohexen-3-yl, alkylation, 2-methylcyclohexen-3-yl-isopropyl-4-chlorophenol, formaldehyde, morpholineaminomethylation, morpholinocycloalkylchlorophenol.*

**Müəllif haqqında məlumat**

<b>Soyadı, adı, atasının adı</b>	Şahmuradov Samir Təyyar oğlu
<b>İş yeri</b>	AMEA Neft Kimya Prosesləri İnstitutu
<b>Vəzifəsi</b>	Böyük elmi işçi
<b>Maraq sahəsi</b>	Neft kimyası və neft emalı
<b>E-mail</b>	<a href="mailto:shahmuradov_samir@mail.ru">shahmuradov_samir@mail.ru</a>
<b>Əlaqə telefonu</b>	(+994) 50 538 02 80

**Rəyçi:** *k.f.d., dos. S.X. Məmmədova*

**PARA-TSİKLOALKİLFENOLLARIN NANO-KATALİTİK SİSTEMDƏ SİRKƏ TURŞUSU İLƏ QARŞILIQLI TƏSİR REAKSİYALARININ BƏZİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ****G.Z. Heydərlı, M.V. Nağıyeva, Ş.Ə. Nuriyev, Ç.Q. Rəsulov**

AMEA-nın Neft-Kimyə Prosesləri İnstitutu

*Məqalədə para-(1-metiltsiklopentil)- və para-(1-metiltsikloheksil)fenolların sirkə turşusu ilə Zn əsaslı nano-katalitik sistemdə asilləşmə reaksiyaları nəticəsində 2-hidroksi-5(1-metiltsikloalkil)asetofenonların sintezindən bəhs olunur. Asilləşmə reaksiyalarının istiqamətinə, məqsədli məhsulların çıxımına müxtəlif amillərin (temperatur, reaksiya müddəti) təsiri araşdırılmışdır. Para-(1-metiltsiklopentil) - və para-(1-metiltsikloheksil)fenolların nanoölçüyə gətirilmiş ZnCl<sub>2</sub> katalizatorunun iştirakında sirkə turşusu ilə qarşılıqlı təsirdən (reaksiya temperaturunun 135-140°C, 30-40 dəqiqə müddətində) 58.3-67.4 % çıxımla müvafiq olaraq 2-hidroksi-5(1-metiltsiklopentil)- və 2-hidroksi-5(1-metiltsikloheksil)asetofenonlar sintez olunmuşdur.*

**Açar sözlər:** *para-(1-metiltsiklopentil)fenol, para-(1-metiltsikloheksil)fenol, sirkə turşusu, katalizator, nanoölçü, nano-katalitik sistem, asilləşmə, 2-hidroksi-5(1-metiltsikloalkil)asetofenon.*

**GİRİŞ**

Son illərin ədəbiyyat araşdırmaları göstərir ki, polimer materialların, yağların və yanacaqların istehsalından daha çox onlara əlavə olunan kimyəvi əlavələrin istehsalına diqqət ayrılır. Bu kimyəvi birləşmələr içərisində alkilfenollar və onların çevrilmələri xüsusi üstünlüyə malikdirlər. Kimyəvi əlavələrin ən mühim üstünlüyü onların işıqın, havanın oksigeninin, temperaturun təsirinə davamlılığıdır. Məhz bu səbəbdən, hazırda sənayedə istifadə olunan kimyəvi əlavələrin 70-75%-ni alkilfenol əsaslı birləşmələr təşkil edir [1-5].

Kimyəvi əlavələr tərkibindən və quruluşundan asılı olaraq, onlar antioksidant, stabilizator, aşqar, oksigenat və s. funksiyaları yerinə yetirə bilər. Bu baxımdan, eyni bir kombinə olunmuş kimyəvi əlavənin polifunksional xassələrə malik olması maraqlıdır.

Ədəbiyyat mənbələrindən məlumdur ki, tərkibində asetil, hidroksil fraqmentləri olan kimyəvi əlavələr fotostabilizator və termostabilizator kimi geniş istifadə olunurlar [6-8].

**İşin məqsədi.** Təqdim olunan işdə *para-(1-metiltsiklopentil)-* və *para-(1-metiltsikloheksil)fenolların sirkə turşusu ilə Zn əsaslı nano-katalitik sistemdə asilləşmə reaksiyalarına* uğradılaraq 2-hidroksi-5(1-metiltsikloalkil)asetofenonların sintezindən, asetofenonların alınması sahəsində aparılan elmi tədqiqatların dairəsinin genişləndirilməsindən və onların yeni istifadə sahələrinin müəyyən edilməsindən ibarətdir.

**TƏCRÜBİ HİSSƏ**

Metiltsikloalkilasetofenonların alınması üçün ilkin xammal kimi *para-(1-metiltsiklopentil)-*, *para-(1-metiltsikloheksil)fenollardan*, sirkə turşusundan istifadə edilmişdir. Sirkə turşusu kimyəvi təmiz istifadə olunmuşdur və aşağıdakı fiziki-kimyəvi xassələrə malikdir:  $T_{qayn.} = 118^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{er.} = 16.7^{\circ}\text{C}$ , mol.kütlə 60.

Katalizator kimi nano ölçüyə gətirilmiş ZnCl<sub>2</sub> götürülmüşdür.

*Para-(1-metiltsiklopentil)-* və *para-(1-metiltsikloheksil)fenollar* fenolun 1-metiltsiklopentənə və 1-metiltsikloheksenə, KY-23 (DÜST 20298-74), fosfat turşusu ilə hopdurulmuş Y-tipli seolit katalizatorlarının iştirakı ilə katalitik tsikloalkilləşməsindən alınır [9,10].

*Para-(1-metiltsikloalkil)fenolların fiziki-kimyəvi xassələri* cədvəl 1-də verilir.

Sintez olunmuş maddələrin quruluşları İQ və <sup>1</sup>H NMR analiz üsulları ilə təyin edilmişdir. İQ spektrlər Almaniyanın "Bruker" firmasının istehsalı olan "ALPA İQ-FurYE" spektrometrində, <sup>1</sup>H NMR spektrləri Bruker TOP SPİN cihazında uyğun olaraq 300.13 MHz tezliklərdə CDCl<sub>3</sub> həlledicisində çəkilmişdir.

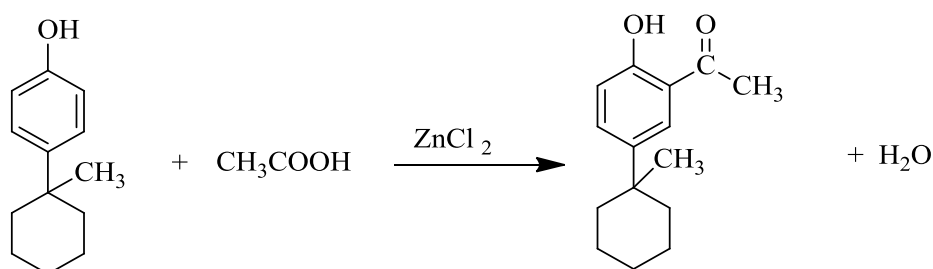


*para* –(1-Metilsikloalkil)fenolların fiziki-kimyəvi xassələri

Struktur formulları	T <sub>qayn.</sub> , °C/10 mm c.st.	T <sub>er.</sub> , °C	Mol. kütlə	Element tərkibi, %			
				Hesablanıb		Tapılıb	
				C	H	C	H
	161-164	96	190	82.1	9.5	81.4	8.9
	145-148	90	176	81.8	9.1	81.3	9.6

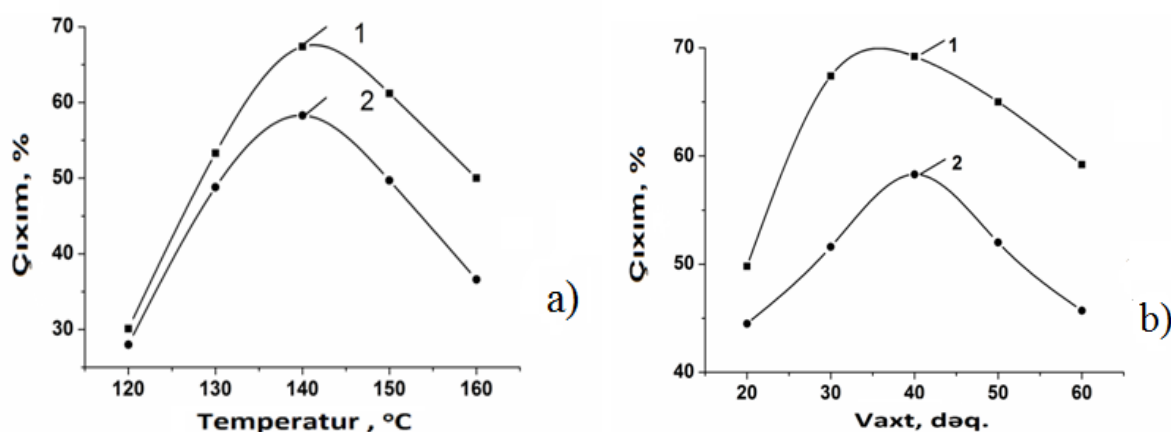
**NƏTİCƏLƏRİN MÜZAKİRƏSİ**

*Para*-(1-metilsikloheksil)fenolun sirkə turşusu ilə qarşılıqlı təsir reaksiyasının tənliyi aşağıdakı kimidir:



Göstərilən reaksiya aşağıdakı metodika ilə aparılır: 16.5 q (0.12 mol) susuz nano ölçüyə gətirilmiş ZnCl<sub>2</sub> və 16.5 q (0.27 mol) buzlu sirkə turşusu kolbaya doldurulub qızdırılır. Temperatur 100°C–yə çatdıqda qarışıqın üzərinə 19.0 q (0.1 mol) *para*-(1-metilsikloheksil)fenol hissə-hissə əlavə edilir və temperatur 120-160 °C-dək qaldırılır. Komponentlərin qarışdırılması 20-60 dəqiqə davam etdirilir. Sonra qarışıq xlorid turşusunun 10%-li sulu məhlulu ilə yuyulur və aşağı təzyiqdə qovulur. Məqsədli məhsul etil spirti ilə yuyulur və fiziki-kimyəvi xassələri təyin olunur .

*Para*-(1-metilsikloheksil)fenolun sirkə turşusu ilə asilləşmə reaksiyasının istiqamətinə təsir edən əsas amillərdən biri reaksiyanın aparılma temperaturudur. Reaksiya məhsulunun çıxımının temperaturdan və vaxtdan asılılıq əyriləri şəkil 1-də verilir.



Şəkil 1. 2-Hidroksi-5(1-metilsikloheksil)-(1) və 2-hidroksi-5(1-metilsiklopentil)-(2) asetofenonların çıxımlarının temperaturdan (a) və vaxtdan (b) asılılıq əyriləri

Şəkil 1-dən (əyri 1,a) görüldüyü kimi, temperaturun aşağı hədlərində 120 °C-də 2-hidroksi-5(1-metilsikloheksil)asetofenonun çıxımı xeyli aşağı olur - 30.1% (götürülən tsikloalkilfenola görə). Temperaturu 120°C-dən 140°C-dək qaldırmaqla məqsədli məhsulun çıxımı 30,1%-dən 67,4%-dək artmış olur. Temperaturu 160°C-dək artırmaqla müsbət nəticəyə nail olmaq

olmur; bu zaman çıxım 57.5%-dək aşağı düşür. Bu yüksək temperaturda arzu- olunmaz məhsulların alınması ilə izah olunur.

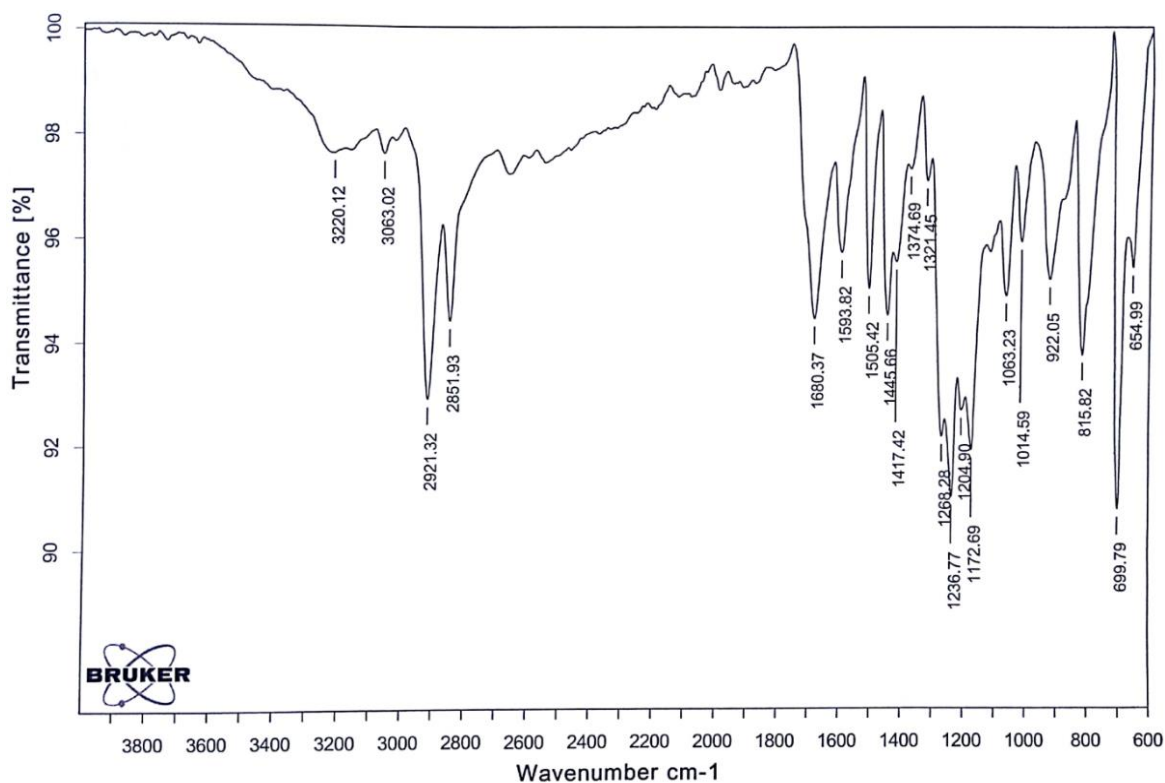
Məqsədli məhsulun çıxımına təsir edən digər vacib amil reaksiyanın aparılma müddətidir. Reaksiyanın müddəti 20-60 dəqiqə intervalında öyrənilmişdir.

Şəkil 1-dən (əyri 1,b) görünür ki, reaksiya üçün götürülən ilkin komponentlərin görüşmə müddəti 30 dəqiqə olduqda, 2-hidroksi-5(1-metiltsikloheksil)asetofenonun çıxımı götürülən *para*-(1-metiltsikloheksil)fenola görə 67.4% təşkil edir. Reaksiya müddətinin artırılıb azaldılması ilə elə bir ciddi dəyişiklik olmur.

Beləliklə, *para*-(1-metiltsikloheksil)fenol sirkə turşusu ilə nano ölçülü ZnCl<sub>2</sub> katalizatoru iştirakında asilləşmə reaksiyasının həyata keçirilməsi üçün göstərilən şəraitdə: 140°C temperaturda, 30 dəqiqə müddətində məqsədli məhsulun – 2-hidroksi-5(1-metiltsikloheksil)-asetofenonun götürülən *para*-(1-metiltsikloheksil)fenola görə çıxımı 67.4% təşkil edir.

Məqsədli məhsul qovulub ayrıldıqdan sonra onun İQ və <sup>1</sup>H NMR- spektrləri çəkilib, kimyəvi quruluşları və fiziki-kimyəvi xassələri təyin edilmişdir.

Şəkil 2 və şəkil 3-də 2-hidroksi-5(1-metiltsikloheksil)asetofenonun İQ və <sup>1</sup>H NMR spektrləri verilir.



Numune: Lab 22-4

Tarix: 13.05.2019

Şəkil 2. 2-Hidroksi-5(1-metiltsikloheksil)asetofenonun İQ spektri

2-Hidroksi-5(1-metiltsikloheksil)asetofenonun İQ-spektrinin nəticələri cədvəl 2-də verilmişdir.

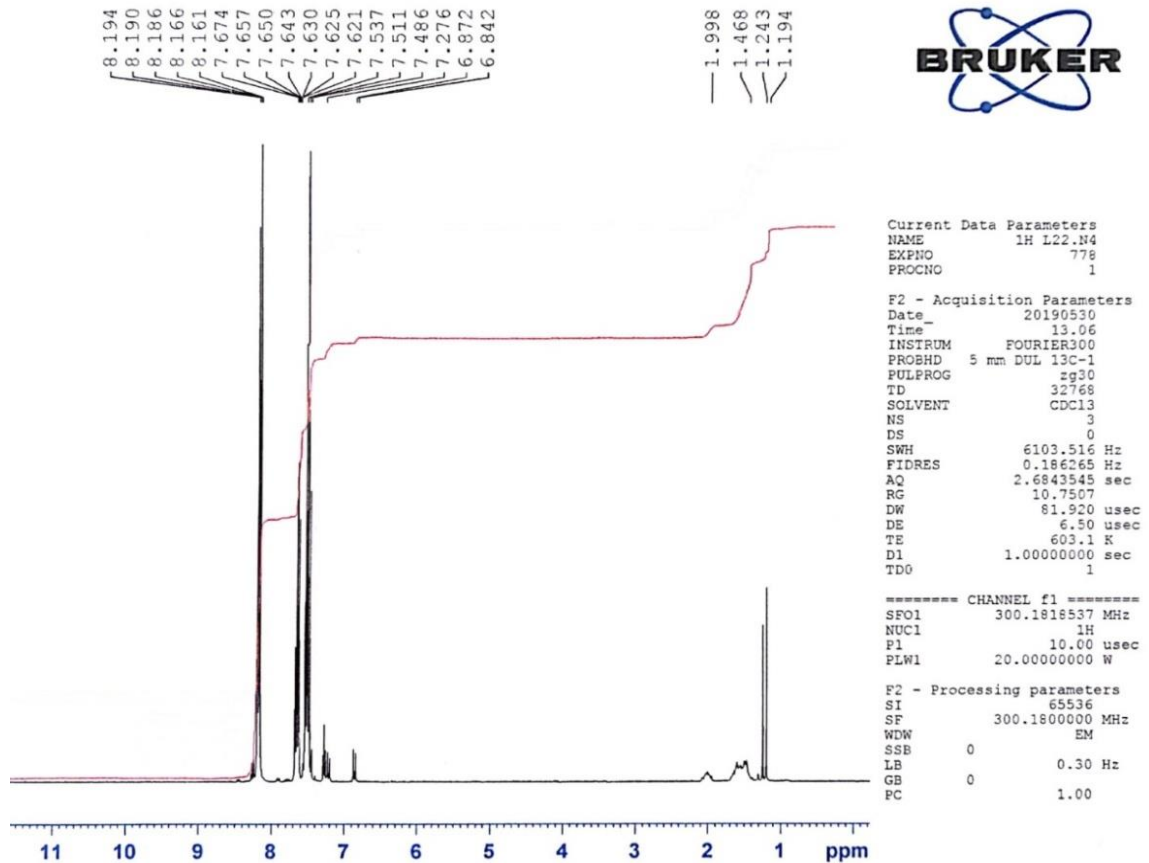
2-Hidroksi-5(1-metiltsikloheksil)asetofenonun <sup>1</sup>H NMR spektri intensivlik nisbətlərinə görə 3:10:1:4 bərabər olan 4 siqnaldan ibarətdir.

1.2 ppm sahəsindəki singlet dördlü karbona birləşmiş CH<sub>3</sub> qrupunun protonuna, multiplet (δ=1.77 ppm) 1.5 ppm doymuş karbohidrogen halqasına, OH qrupu 8 ppm sahəsindəki singletə, 6.5-7 ppm aromatik halqanın protonlarına uyğun gəlir.

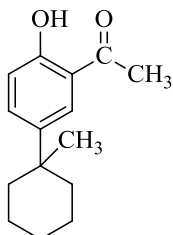
Beləliklə, 2-hidroksi-5(1-metiltsikloheksil)asetofenonun kimyəvi sturukturu tam təsdiq olunur.

## 2-Hidroksi-5(1-metiltsikloheksil)asetofenonun İQ –spektroskopik analizinin nəticələr

Siqnallar, $\text{sm}^{-1}$	Sturuktur formulunda Yeri
654	Fenolun –OH qrupunun O-H rabitəsinin deformasiya rəqsi
699, 815	əvəz olunmuş benzol nüvəsi
922, 1014	Tsikldə C-H rabitəsi
1063	O-H rabitəsi
1204, 1236, 1268	C-O rabitəsi
1374	$\text{CH}_3$ qrupunun C-H rabitəsinin deformasiya rəqsi
1417, 1445	$\text{C(O)CH}_2$ qrupunun C-H rabitəsinin deformasiya rəqsi
1505	benzol nüvəsi
1593	Aromatik karbohidrogenlərin C=C rəqsi
1680	C=O
2851, 2921	$\text{CH}_3$ qrupunun C-H rabitəsinin valentlik rəqsi
3063	H-C=C-H
3220	OH qrupunun O-H rabitəsi

Şəkl. 3. 2-Hidroksi-5(1-metiltsikloheksil) asetofenonun  $^1\text{H}$  NMR spektri

Maddənin kimyəvi sturukturı :

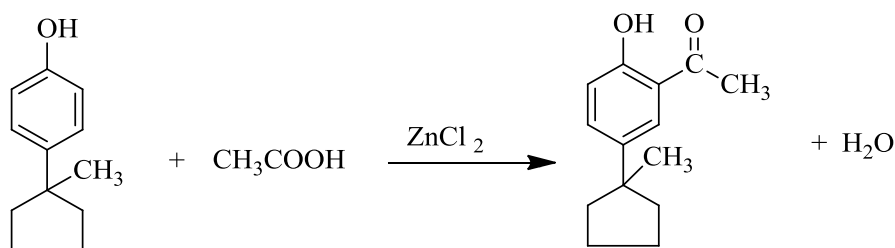
Empirik formulu :  $\text{C}_{15}\text{H}_{20}\text{O}_2$

Mol kütləsi:232

$T_{\text{qayn.}} = 166-168\text{ }^{\circ}\text{C}$  (10mm c.st.)

$T_{\text{er.}} = 114.8\text{ }^{\circ}\text{C}$

Eyni ilə *para*-(1-metiltsiklopentil)fenolun sirkə turşusu ilə katalitik asilləşmə reaksiyası aparılmışdır :



Reaksiya yuxarıda göstərilən metod üzrə aparılır : 16.5 q (0.12 mol) susuz nano ölçüyə gətirilmiş  $\text{ZnCl}_2$  və 16.5 q (0.27 mol) buzlu sirkə turşusu kolbaya doldurulub qızdırılır. Temperatur  $90^{\circ}\text{C}$  –yə çatdıqda qarışığın üzərinə 17.6q (0.1 mol) *para*-(1-metiltsiklopentil) fenol hissə-hissə əlavə edilir və temperatur  $120-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ə qaldırılır. Komponentlərin qarışdırılması 20-60 dəqiqə davam etdirilir və sonra qarışıq xlorid turşusunun 10%-li sulu məhlulu ilə yuyulur və aşağı təzyiqdə qovulur . Məqsədli məhsul etil spirti ilə yuyulur, kimyəvi strukturu və fiziki-kimyəvi xassələri təyin olunur .

*Para*-(1-metiltsiklopentil)fenolun sirkə turşusu ilə katalitik asilləşmə reaksiyalarının nəticələri şəkil 1-də (əyri 2) verilmişdir.

Şəkil 1-dən (əyri 2,a) göründüyü kimi asilləşmə reaksiyanının temperaturunu  $120\text{ }^{\circ}\text{C}$  -dən  $140^{\circ}\text{C}$ -yə artırmaqla məqsədli məhsulun çıxımı 28.0-dən 58.3%-dək artır. Temperaturun  $150-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ -dən yuxarı artırmaqla məqsədli məhsulun çıxımı aşağı düşməyə başlayır.  $150-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ -də *para*-(1-metiltsiklopentil)fenol əsasında alınmış asetofenonun çıxımı 36.6-49.7% olur.

Məqsədli məhsulun çıxımına ilkin komponentlərin reaksiya zonasında müddətinin də önəmli təsiri var. Belə ki, reaksiya müddətinin 20 dəqiqə olduğu halında məqsədli məhsulun çıxımı 44.5% olur (şək.1, əyri 2,b). Vaxtın 40 dəqiqəyədək artırılması ilə məqsədli məhsulun çıxımı 58.3%-dək artır. Komponentlərin qarışma müddətinin sonrakı artımı ilə məqsədli məhsulun çıxımı 45.7%-dək aşağı düşür. Reaksiya zonasında ilkin xammalların çox qalması ilə məqsədli məhsulun çıxımının aşağı düşməsi reaksiya nəticəsində arzuolunmaz məhsulların alınması ilə izah olunur.

Beləliklə, *para*-(1-metiltsiklopentil)fenolun sirkə turşusu ilə nano ölçüyə gətirilmiş  $\text{ZnCl}_2$  katalizatorunun iştirakında asilləşmə reaksiyasının aparılması üçün səmərəli şərait tapılmışdır: temperaturun  $135-140^{\circ}\text{C}$ , reaksiya müddətinin 40 dəqiqə qiymətində məqsədli məhsulun 2-hidroksi-5(1-metiltsiklopentil) asetofenonun götürülən *para*-(1-metiltsiklopentil)fenola görə çıxımı 58.3% təşkil edir.

2-Hidroksi-5(1-metiltsiklopentil)asetofenon reaksiya məhsullarından qovulub ayrıldıqdan sonra onun İQ və  $^1\text{H}$  NMR – spektroskopik üsullarla kimyəvi strukturları sübuta yetirilmişdir.

2-Hidroksi-5(1-metiltsiklopentil)asetofenonun  $^1\text{H}$  NMR spektri əvvəlki 1-ci maddənin (2-Hidroksi-5(1-metiltsikloheksil)asetofenonun) spektrlərinə uyğun gəlir, ancaq bəzi fərqli cəhətləri – tsiklopentil radikalının varlığını sübut edən sürüşmə zolaqları müşahidə olunur.

2-Hidroksi-5(1-metiltsiklopentil)asetofenonun  $^1\text{H}$  NMR spektrində 1.22 ppm sahəsində sinqlet  $\text{CH}_3$  qrupu,  $\delta = 1.77$  ppm sahəsində isə doymuş karbohidrogen həlqəsinin yayılmış sinqlet müşahidə olunur. 5-6 ppm zolağındakı sinqlet OH qrupunun protonuna uyğun gəlir. 1,2,4- əvəz olunmuş benzol halqası 6.87 ppm kimyəvi sürüşmələrində özünü göstərir.

Maddənin İQ spektrində *para*-əvəz olunmuş benzol halqasına 825, 1240, 1510, 1592-1610  $\text{sm}^{-1}$  udulma zolağının əyriyələri, 3220  $\text{sm}^{-1}$ -də maksimum zolağı assosiasiya olunmuş OH qrupuna uyğun gəlir.

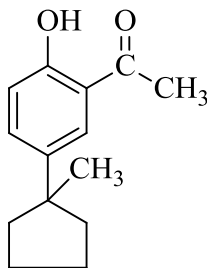
Bəşhəlqalı tsikl 2920, 2850  $\text{sm}^{-1}$  (OH qrupunun valent sürüşməsi) və 1440  $\text{sm}^{-1}$  ( $\text{CH}_2$  qrupunun valent sürüşməsi) sahəsindəki udulma zolaqları ilə xarakterizə olunur. Metil qrupuna



1365 və 2940  $\text{sm}^{-1}$  zolaqları uyğun gəlir.  $\text{C}(\text{O})\text{CH}_2$  qrupunun  $\text{C}=\text{O}$  rabitəsi 1242, 1265, 1276, 1335  $\text{sm}^{-1}$   $\text{C}-\text{H}$  rabitəsinin deformasiya rəqsi 1440, 1460 udulma zolaqlarında müşahidə olunur.

Beləliklə, 2-hidroksi-5(1-metiltsiklopentil)asetofenonun kimyəvi quruluşu tam sübuta YETirilmiş olur.

2-Hidroksi-5(1-metiltsiklopentil)asetofenonun kimyəvi quruluşu:



Empirik formulu :  $\text{C}_{14}\text{H}_{18}\text{O}_2$

Mol kütləsi: 218

$T_{\text{qayn.}} = 150-152\text{ }^\circ\text{C}$  (10mm c.st.)

$T_{\text{er.}} = 113.3\text{ }^\circ\text{C}$

### NƏTİCƏLƏR

*Para*-(1-metiltsiklopentil) - və *para*-(1-metiltsikloheksil)fenolların nano ölçüyə gətirilmiş  $\text{ZnCl}_2$  katalizatorunun iştirakında sirkə turşusu ilə asilləşmə reaksiyaları tədqiq olunmuşdur.

Müəyyən edilmişdir ki, reaksiyanın 135-140 $^\circ\text{C}$  temperaturunda, 30-40 dəqiqə müddətində məqsədli məhsulların 2-hidroksi-5(1-metiltsikloalkil)asetofenonların çıxımı götürülən *p*-(1-metiltsikloalkil)fenola görə 58.3-67.4% təşkil edir.

2-Hidroksi-5(1-metiltsikloalkil)asetofenonların fiziki-kimyəvi xassələri təyin olunmuş və İQ və  $^1\text{H}$  NMR spektroskopik üsullarla kimyəvi quruluşları təsdiq edilmişdir.

### ƏDƏBİYYAT

1. Yi Zhao, Yi Dan, Synthesis and characterization of a polymerizable benzophenone derivative and its application in styrenic polymers as UV-stabilizer // European Polymer Journal, 2007, No 43, p.4541-4551.
2. Шахмурадов С.Т., Джафаров Р.П., Мирзоев В.Г. Кинетический закономерности и механизм реакции орто-циклоалкилирования пара-хлорфенола 1-метилциклогексеном // Нефтепереработка и нефтехимия, 2018, № 1, с. 29-31.
3. Нагиева М.В., Джафаров Р.П., Расулов Ч.К. Кинетические закономерности и механизм реакции синтеза метилового эфира 4-метил-4'(4-гидроксилфенил)-циклогексанкарбоновой кислоты // Нефтепереработка и нефтехимия, 2019, № 3, с. 26-28.
4. Аббасов В.М., Агамалиев З.З., Нагиева М.В., Расулов Ч.К. Синтез пространственно-затрудненных метилциклоалкилфенолов и некоторые особенности реакции аминометилирования их аминоэтилнонил имидазолином // Химия и химия технология, 2019, №2, с.17-24.
5. Venkatesha N.J., Bhat Y.S., Prakash Jai B.S. Re-usability of zeolites and modified clays for alkylation of cyclohexanol a contrast study // RSC Advances, 2015, №5, pp.69348-69355.
6. SI. Chmela, P. Lajoie, P. Hrdlovic, J. Lacoste. Combined oligomeric light and heat stabilizers // Polymer Degradation and Stability, 2001, No 71, p. 171-177.
7. Rudolf Pfaendner, How will additives shape the future of plastivcs // Polymer Degradation and Stability, 2006, No 91, p. 2249-2256.
8. Mona Hosseini, Sarvari and Hashem Sharg. Reactions on a Solid Surface. A Simple Economical and Efficient Friedel-Crafts Acylation Reaction over Zinc Oxide ( $\text{ZnO}$ ) as a New Catalyst // Jurnal Organic Chemistry, 2004, No 69, p.6953-6956.

9. Расулов Ч.К., Азимова Р.К., Рустамов С.Т. Взаимодействие фенола с метилциклоалкилами в присутствии катализатора КУ-23 // Журнал прикладной химии, 2011, т.84, №12, с.2016-2021.
10. Patent İ 20080135 (Azərbaycan), 2008.

## **REFERENCES**

1. Yi Zhao, Yi Dan, Synthesis and characterization of a polymerizable benzophenone derivative and its application in styrenic polymers as UV-stabilizer // European Polymer Journal, 2007, No 43, p.4541-4551.
2. Shakhmuradov S.T., Dzhafarov R.P., Mirzoev V.G. Kineticheskiy zakonomernosti i mehanizm reaksii orto-tsikloalkilirovaniya *para*-khlorfenola 1-metiltsiklogeksenom // Neftepererabotka i neftekhimiya, 2018, №1, s. 29-31.
3. Nagieva M.V., Dzhafarov R.P., Rasulov Ch.K. Kineticheskie zakonomernosti i mehanizm reaksii sinteza metilovo efira 4-metil-4'(4-gidroksilfenil)-tsiklogeksankarbonovoy kisloty // Neftepererabotka i neftekhimiya, 2019, № 3, s. 26-28.
4. Abbasov V.M., Agamaliyev Z.Z., Nagieva M.V., Rasulov Ch.K. Sintez prostranstvenno-zatrudnennyih metiltsikloalkilfenolov i nekotorye osobennosti reaksii aminometilirovaniya ih aminoetilnonil imidazolinom // Khimiya i khimiya tehnologiya, 2019, №2, s.17-24.
5. Venkatesha N.J., Bhat Y.S., Prakash Jai B.S. Re-usability of zeolites and modified clays for alkylation of cyclohexanol a contrast study // RSC Advances, 2015, №5, pp.69348-69355.
6. SI. Chmela, P.Lajoie, P.Hrdlovic, J.Lacoste. Combined oligomeric light and heat stabilizers // Polymer Degradation and Stability, 2001, No 71, p. 171-177.
7. Rudolf Pfaendner, How will additives shape the future of plastivcs // Polymer Degradation and Stability, 2006, No 91, p. 2249-2256.
8. Mona Hosseini Sarvari and Hashem Shargi. Reactions on a Solid Surface. A Simple, Economical and Efficient Friedel-Crafts Acylation Reaction over Zinc Oxide (ZnO) as a New Catalyst // Jurnal Organic Chemistry, 2004, No 69, p.6953-6956.
9. Rasulov Ch.K., Azimova R.K., Rustamov S.T. Vzaimodeystvie fenola s metiltsiklenami v prisutstvii katalizatora KU-23 // Zhurnal prikladnoy khimii, 2011, T.84, №12, s.2016-2021.
10. Patent İ 20080135 (Azerbaijan), 2008.

### **НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПАРА-ЦИКЛОАЛКИЛФЕНОЛОВ С УКСУСНОЙ КИСЛОТОЙ В НАНО-КАТАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ**

**Г.З. Гейдарли, М.В. Нагиева, Ш.А. Нуриев, Ч.К. Расулов**

*В статье рассмотрен синтез 2-гидрокси-5(1-метилциклоалкил) ацетофенонов в результате взаимодействия пара-(1-метилциклопентил)- и пара-(1-метилциклогексил) фенолов с уксусной кислотой в Zn-содержащей нано-каталитической системе. Были исследованы влияния различных параметров (температура, продолжительность реакции) на направление реакции ацилирования и выход целевых продуктов. Взаимодействием пара-(1-метилциклопентил)- и пара-(1-метилциклогексил) фенолов с уксусной кислотой в присутствии катализатора  $ZnCl_2$  (при температуре реакции 130-140 °С, продолжительностью 30-40 минут) были получены 2-гидрокси-5(1-метилциклопентил)- и 2-гидрокси-5(1-метилциклогексил) ацетофеноны, выходы которых составляли 58.3-67.4%, соответственно.*

**Ключевые слова:** пара-(1-метилциклопентил) фенол, пара-(1-метилциклогексил)-фенол, уксусная кислота, катализатор, наноразмерность, нано-каталитическая система, ацилирование, 2-гидрокси-5(1-метилциклоалкил) ацетофенон.

**SOME FEATURES OF REACTIONS OF INTERACTION OF PARA-CYCLOALKYLPHENOLS WITH ACETIC ACID IN THE NANO-CATALYTIC SYSTEM**

**G.Z. Heydarli, M.V. Naghiyeva, Sh.A. Nuriyev, Ch.K. Rasulov**

*The article considers the synthesis of 2-hydroxy-5 (1-methylcycloalkyl) acetophenones as a result of the interaction of para-(1-methylcyclopentyl) - and para-(1-methylcyclohexyl) phenols with acetic acid in a Zn-containing nano-catalytic system. The effects of various parameters (temperature, reaction time) on the direction of the acylation reaction and the yield of the target products were investigated. By the interaction of para- (1-methylcyclopentyl) - and para- (1-methylcyclohexyl) phenols with acetic acid in the presence of a ZnCl<sub>2</sub> catalyst (at a reaction temperature of 130-140°C, a duration of 30-40 minutes), 2-hydroxy-5 (1- methylcyclopentyl) - and 2-hydroxy-5 (1-methylcyclohexyl) acetophenones, yields of 58.3-67.4%, respectively.*

**Keywords:** *para- (1-methylcyclopentyl) phenol, para- (1-methylcyclohexyl) phenol, acetic acid, catalyst, nanoscale, nano-catalytic system, acylation, 2-hydroxy-5 (1-methylcycloalkyl) acetophenone*

**Müəlliflər haqqında məlumat**

<b>Soyadı, adı, atasının adı</b>	Heydərli Günay Zaman qızı
<b>İş yeri</b>	AMEA Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu
<b>Vəzifəsi</b>	mütəxəssis
<b>Maraq sahəsi</b>	Neft kimyası və neft emalı, nanomateriallar kimyası və texnologiyası
<b>E-mail</b>	<a href="mailto:heyderli.gunay@list.ru">heyderli.gunay@list.ru</a>
<b>Əlaqə telefonu</b>	(+994) 50 470 57 38
<b>Soyadı, adı, atasının adı</b>	Nağiyeva Mehriban Vidadi qızı
<b>İş yeri</b>	AMEA Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu
<b>Vəzifəsi</b>	mütəxəssis
<b>Maraq sahəsi</b>	Neft kimyası və neft emalı
<b>E-mail</b>	<a href="mailto:mehri.nagieva@mail.ru">mehri.nagieva@mail.ru</a>
<b>Əlaqə telefonu</b>	Tel: (+994)55 547 41 81
<b>Soyadı, adı, atasının adı</b>	Nuriyev Şövqi Əli oğlu
<b>İş yeri</b>	AMEA Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu
<b>Vəzifəsi</b>	aparıcı elmi işçi, k.ü.f.d.
<b>Maraq sahəsi</b>	Neft kimyası və neft emalı, nanomateriallar kimyası və texnologiyası
<b>E-mail</b>	<a href="mailto:nuriyev_shovgi@mail.ru">nuriyev_shovgi@mail.ru</a>
<b>Əlaqə telefonu</b>	(+994) 50 620 88 79
<b>Soyadı, adı, atasının adı</b>	Rəsulov Çingiz Qnyaz oğlu
<b>İş yeri</b>	AMEA Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu
<b>Vəzifəsi</b>	laboratoriya müdiri, k.ü.e.d., professor
<b>Maraq sahəsi</b>	Neft kimyası və neft emalı
<b>E-mail</b>	<a href="mailto:rchk49@mail.ru">rchk49@mail.ru</a>
<b>Əlaqə telefonu</b>	Tel: (+994) 50 365 22 27

**Rəyçi: k.f.d., L.N. Yüzbaşova**

## ÜÇKOMPONENTLİ KONDENSLƏŞMƏ REAKSİYALARI ƏSASINDA TETRAHİDROPIRİMİDİNTİONLARIN SİNTEZ EDİLMƏSİ

N.M. Nəzərov, S.S. Babayev

AMEA akad. Ə.M.Quliyev adına Aşqarlar Kimyası İnstitutu, Bakı

*Bu məqalədə üçkomponentli kondensləşmə reaksiyaları əsasında tiokarbamid, β-keto efiirlər və müxtəlif aldehidlərin iştirakı ilə pirimidintionların sintezinin optimal şəraiti verilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, triflüorsirkə turşusu iştirakında spirt mühitində müxtəlif aldehidlərin alkilasetoasetat və tiokarbamid ilə qarşılıqlı təsirindən uyğun birləşmələr alınır. Pirimidintionların geniş farmakoloji aktivliyə malik birləşmələr olduğunu nəzərə alsaq onda tiokarbamid əsasında sintez olunan bu sinif maddələrin optimal sintez üsulunun işlənməsi aktualıq kəsb edir. Tiokarbamiddən tetrahidropirimidin və heksahidropirimidintion törəmələrinin alınması ətraflı öyrənilmişdir.*

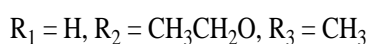
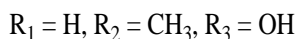
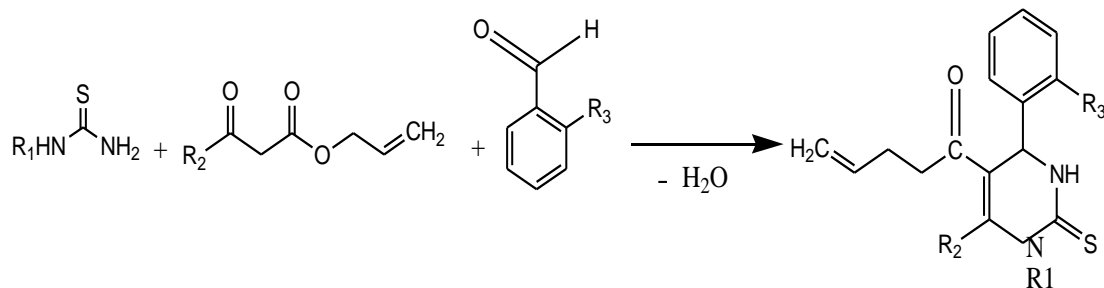
**Açar sözlər:** tiokarbamid, β-ketoefir, pirimidintion, etilasetat, karboksilat, triflüorsirkə, aldehid, karbonil.

**Giriş.** Ədəbiyyat məlumatlarını təhlil etdikdə məlum olur ki, tetrahidropirimidintionların sintezində geniş istifadə olunan üsul karbamid, β-ketoefirlər və müxtəlif aldehidlərin üçkomponentli kondensləşmə reaksiyalarıdır [1]. Amma üç komponentdən biri kimi tiokarbamiddən istifadə olunmaqla aparılan reaksiyalara ən son ədəbiyyat məlumatlarında az rast gəlinir. Aparığımız araşdırmalara görə tsiklik tiokarbamidlər əsasında ilk dəfə aparılan reaksiya zamanı məhsul 30-40 % çıxımla əldə edilmişdir [2]. Elmi araşdırmalardan məlum olmuşdur ki, yalnız tapılmış əlverişli şəraitdə (tiokarbamidin, β-ketoefirlərlə və müxtəlif aldehidlərlə birmərhələli üçkomponentli kondensləşmə reaksiyası 0.1:0.2:0.1 aparılmışdır. Temperatur 50-55 °C, reaksiyanın getmə müddəti 4-5 saat olduqda) müvafiq tsiklik tiokarbamidləri yüksək çıxımla almaq mümkündür [3,4].

**Məqələnin məqsədi** tiokarbamidin müxtəlif β-ketoefir və aromatik aldehidlərlə birmərhələli üçkomponentli kondensləşmə reaksiyaları əsasında yüksək farmakoloji aktivliyə malik yeni heterotsiklik birləşmələrin optimal sintez üsulu ilə alınması və onların quruluşunun müasir fiziki-kimyəvi üsul olan <sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C NMR spektroskopiyaya ilə tədqiq edilməsidir.

Tetrahidropirimidin və heksahidropirimidintion törəmələrinin alınmasında tiokarbamidin α, β-doymamış ketonlar, β-ketoefirlər, alifatik ketonlar, β-dikarbonilli birləşmələrlə reaksiyaları öyrənilmişdir.

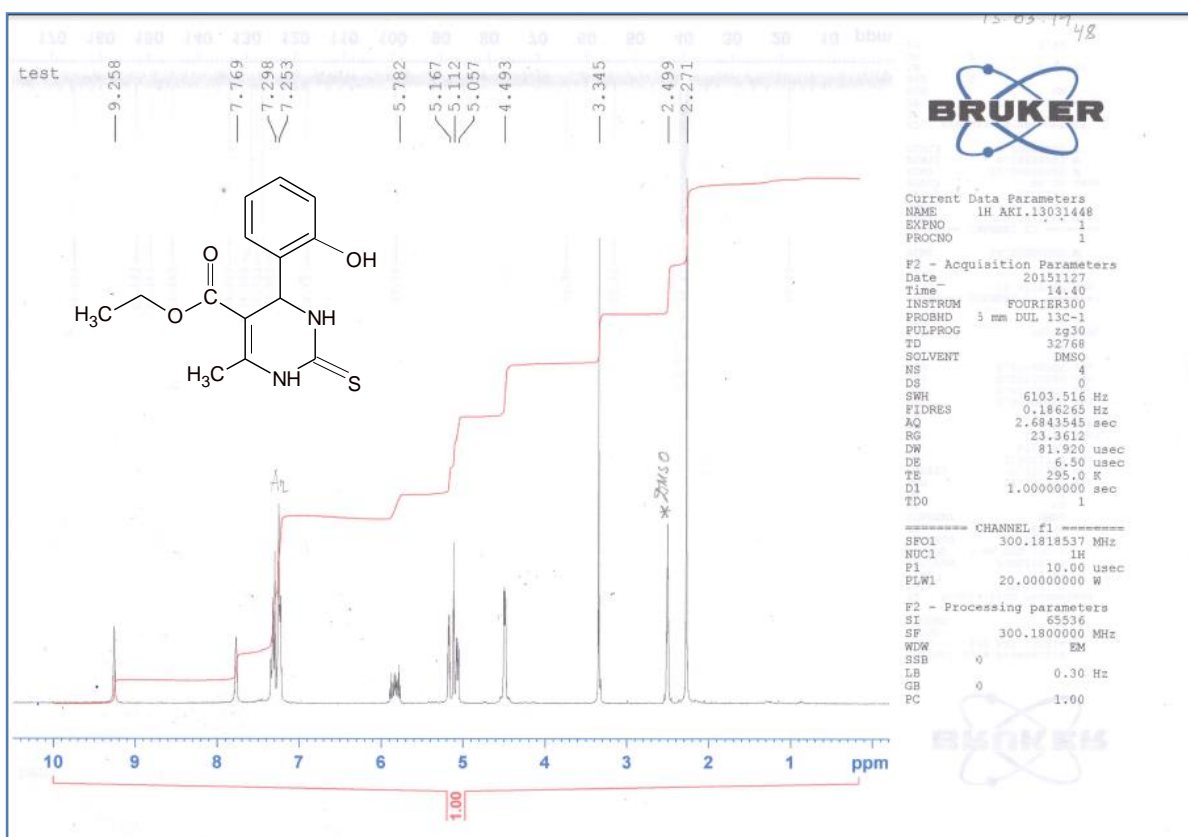
Müəyyən edilmişdir ki, tiokarbamid, β-ketoefirlər və müxtəlif aldehidlərin qarşılıqlı təsirindən 75-80 % çıxımla tetra və heksahidropirimidin-5-karboksilatlar alınır. Sintez aşağıdakı sxem üzrə aparılmışdır:



Karbonilli birləşmələrdə karbonil qrupuna nəzərən  $\alpha$ - vəziyyətdəki karbon atomunda hidrogen atomu olan birləşmələr (aldehidlər, ketonlar,  $\beta$ -ketoefirlər və onların törəmələri) kondensləşmə reaksiyalarına daxil olur, nəticədə yeni C-C rabitəsi yaranır və karbon zənciri uzanır. Karbonilli və asilli birləşmələrin hər ikisində bu funksional qrupların  $\alpha$ - vəziyyətdəki hidrogen atomuna təsiri nəticəsində həmin hidrogen atomu turşulaşmış protona çevrilir.

Karbonilli və asilli birləşmələr içərisində  $\beta$ -ketoefirlər kondensləşmə reaksiyalarına daxilolma qabiliyyətlərinə görə daha çox diqqət cəlb edir. Belə ki, efir qrupu qonşu karbanionu rezonanslıqla stabilləşdirir.  $\beta$ -ketoefirlərin karbanionları üzvi sintezdə C-C rabitəsinin yaranmasında əsas yer tutur. Onların nukleofil hissəciklərlə reaksiyası ilə molekullar sanki bir-birinə tikilir və çoxlu sayda yeni molekullar əmələ gəlir. Bu baxımdan,  $\beta$ -ketoefirlər üzvi sintezdə kondensləşmə reaksiyalarında əsas komponentlərdən biri hesab edilir.  $\beta$ -ketoefirlər əsasında aparılmış kondensləşmə reaksiyalarında katalizator kimi əsasən triflüor sirkə turşusundan istifadə olunmuşdur.

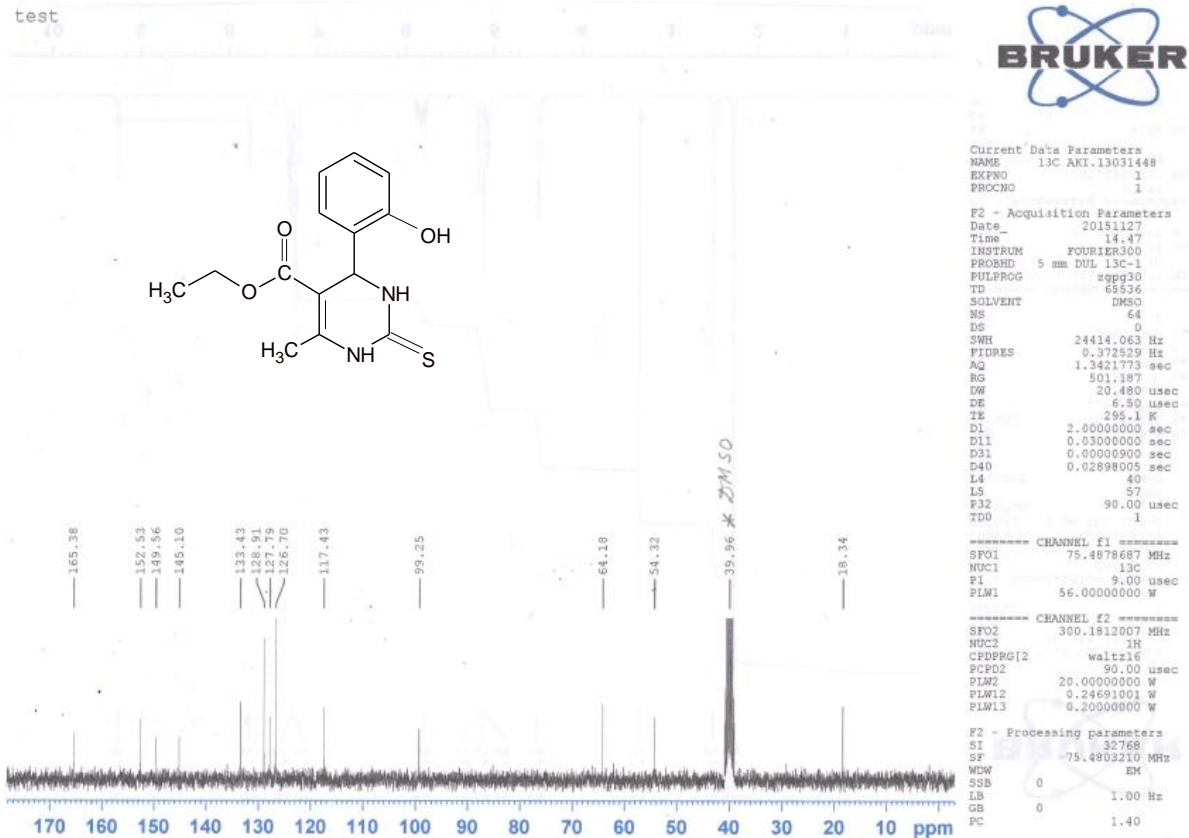
Etil4-(2-hidroksifenil)-6-metil-2-tiokso-1,2,3,4-tetrahidro pirimidin-5-karboksilat maddəsi yuxarıdakı sxem əsasında alınmışdır və maddənin quruluşu NMR analizi ilə təsdiq edilmişdir.



**Şəkl.1.** Etil4-(2-hidroksifenil)-6-metil-2-tiokso-1,2,3,4-tetrahidro pirimidin-5-karboksilatın 1H NMR spektri

Etil 4-(2-hidroksifenil)-6-metil-2-tiokso-1,2,3,4-tetrahidropirimidin-5-karboksilat maddəsinin 1HNMR analizindən görünür ki, (şəkl.1) ikiqat rabitəyə birləşmiş metil qrupuna uyğun sinqletin siqnalları 2.27 m.h-də müşahidə olunur. Allil fraqmentində olan CH<sub>2</sub>O qrupuna uyğun dupletin siqnalları isə 4.49 m.h-də aşkarlanır. Etil 4-(2-hidroksifenil)-6-metil-2-tiokso-1,2,3,4-tetrahidropirimidin-5-karboksilat maddəsinin molekulunda 5.06-5.17 m.h-də allil fraqmentində =CH<sub>2</sub> qrupuna uyğun duplet-dupletin siqnalları aydın görünür. 5.78 m.h-də isə allil fraqmentində =CH qrupuna uyğun multiplətin siqnalları aşkarlanır. Etil 4-(2-hidroksifenil)-6-metil-2-tiokso-1,2,3,4-tetrahidropirimidin-5-karboksilat maddəsinin molekulunda 7.25 və 7.30 m.h-də aromatik halqaya uyğun duplet-tripletin siqnalları müşahidə olunur. NH qrupları 7.77 və 9.26 m.h-də sinqlet halında müşahidə olunur ki, bu da sintez olunmuş maddənin formula uyğun olduğunu sübut edir.





**Şək.2.** Etil 4-(2-hidroksifenil)-6-metil-2-tiokso-1,2,3,4-tetrahidropirimidin-5-karboksilatın  $^{13}\text{C}$  NMR spektri

Etil 4-(2-hidroksifenil)-6-metil-2-tiokso-1,2,3,4-tetrahidropirimidin-5-karboksilat maddəsinin  $^{13}\text{C}$  NMR spektrinin analizindən məlum olur ki, (şək.2) 18.34 m.h-də  $\text{CH}_3$  qrupuna uyğun siqnallar müşahidə olunur. Habelə 54.32 m.h-də aromatik halqanın CH qrupuna uyğun siqnalları aydınlaşır. Etil 4-(2-hidroksifenil)-6-metil-2-tiokso-1,2,3,4-tetrahidropirimidin-5-karboksilat maddəsinin molekulunda 64.18 m.h-də allil qrupunda olan  $\text{CH}_2\text{O}$  qrupuna uyğun valent dəyişməsi aşkarlanır. Konkret olaraq 99.25 m.h-də  $=\text{C}-$  fraqmentinə uyğun 117.43 m.h-də isə allil qrupuna uyğun siqnallar aşkarlanır. Etil 4-(2-hidroksifenil)-6-metil-2-tiokso-1,2,3,4-tetrahidropirimidin-5-karboksilat molekulunda 126.70-128.91 m.h-də aromatik halqada olan CH qrupuna uyğun siqnallar müşahidə olunur. 133.43 m.h-də allil qrupunda olan  $=\text{CH}$  əlaqəsinə uyğun siqnallar aşkarlanır. Etil 4-(2-hidroksifenil)-6-metil-2-tiokso-1,2,3,4-tetrahidropirimidin-5-karboksilat maddəsində 145.10-149.56 m.h-də aromatik halqaya birləşmiş  $-\text{C}-\text{O}-$  fraqmentinə uyğun valent dəyişməsi aydınlaşır.  $\text{C}=\text{S}$  kimyəvi əlaqəsi 152.53 m.h-də,  $\text{COO}$  qrupuna uyğun valent dəyişməsi isə 165.38 m.h-də aşkarlanır ki, bu da sintez olunmuş maddənin formula uyğun olduğunu təsdiq edir.

**Təcrübi hissə.** Birmərhələli üçkomponentli kondensləşmə reaksiyası reagentlərin üç müxtəlif mol nisbətində aparılmışdır. Yuxarıdakı sxem üzrə prosesin getmə istiqamətlərini öyrənmək, eyni zamanda, alınan reaksiya qarışığı içərisində məqsədyönlü maddənin çıxımını artırmaq məqsədi ilə tiokarbamidin  $\alpha$ ,  $\beta$ -doymamış ketonlar,  $\beta$ -ketofirlər, alifatik ketonlar,  $\beta$ -dikarbonilli birləşmələrlə reaksiyaları öyrənilmişdir. Buna qədər tərəfimizdən analogi reaksiyalar aparılmış və çıxım az alınmışdır. Bu fakt özlüyündə tiokarbamidin alifatik və ya aromatik aldehidlər və  $\beta$ -ketofirlər əsasında üçkomponentli kondensləşmə reaksiyalarının aparılmasında fərqli yanaşmanın zəruriliyini ortaya çıxarır. Bu amili nəzərə alaraq əvvəlki sintez proseslərindən tam fərqli sistem qurulub. İlk mərhələdə 33 təcrübə qoyulub:

Müxtəlif mol nisbəti, temperatur və reaksiya müddətində qoyulmuş təcrübələrin nəticələri

Cədvəl 1

№	t, °C	τ	Mol Nisbəti	Əsas Maddə (qram)	Əlavə Maddə (qram)
1	25	3	0.1:0.2:0.1	0.292	0.012
2	25	4	0.1:0.2:0.1	0.311	0.019
3	25	5	0.1:0.2:0.1	0.327	0.021
4	25	3	0.2:0.1:0.2	0.421	0.017
5	25	4	0.2:0.1:0.2	0.380	0.015
6	25	5	0.2:0.1:0.2	0.430	0.113
7	25	3	0.2:0.1:0.2	0.440	0.110
8	25	4	0.15:0.1:0.15	0.470	0.070
9	25	5	0.15:0.1:0.15	0.408	0.170
10	30	3	0.15:0.1:0.15	0.370	0.103
11	30	4	0.1:0.15:0.15	0.428	0.201
12	30	5	0.1:0.15:0.15	0.420	0.020
13	30	3	0.1:0.15:0.15	0.355	0.147
14	30	4	0.2:0.15:0.2	0.302	0.153
15	30	5	0.2:0.15:0.2	0.467	0.038
16	30	3	0.2:0.15:0.2	0.352	0.046
17	30	4	0.15:0.2:0.15	0.328	0.169
18	30	5	0.15:0.2:0.15	0.345	0.133
19	30	3	0.15:0.2:0.15	0.330	0.152
20	30	4	0.2:0.2:0.1	0.460	0.040
21	55	5	0.2:0.2:0.1	0.360	0.099
22	55	3	0.2:0.2:0.1	0.457	0.600
23	55	4	0.2:0.2:0.1	0.217	0.009
24	55	5	0.1:0.2:0.2	0.341	0.088
25	55	3	0.1:0.2:0.2	0.253	0.028
26	55	4	0.1:0.2:0.2	0.431	0.121
27	55	5	0.1:0.15:0.2	0.290	0.093
28	55	3	0.1:0.15:0.2	0.285	0.140
29	55	4	0.1:0.15:0.2	0.385	0.027
30	55	5	0.1:0.1:0.1	0.393	0.033
31	55	3	0.1:0.1:0.1	0.257	0.029
32	55	4	0.1:0.1:0.1	0.273	0.050
33	55	5	0.1:0.1:0.1	0.237	0.014

Belə ki, tiokarbamid,  $\beta$ -ketoefirlər və müxtəlif aldehidlərin  $v=0.1:0.2:0.1$   $0.15:0.2:0.1$ ;  $0.2:0.2:0.1$  mol nisbətlərində temperaturun ( $t=0$ ; 25; 50°C) və reaksiya müddətinin ( $\tau=3$ ; 4; 5 saat) 3 müxtəlif qiymətlərində aparılan təcrübələrin nəticələri olaraq hər bir reaksiya zamanı götürülən tiokarbamidin çevrilmə ədədi müəyyənləşdirilmişdir. Nəticələr cədvəl öz əksini tapmışdır. Əsas maddə kimi etil-4-[2-hidroksifenil]-6-metil-2-tiokso-1,2,3,4- tetrahidropirimidin-5-karboksilatın yüksək çıxımla alınmasından ötrü tiokarbamid ilə orto metilbenzaldehyd və etilasetoasetat arasında gedən kondensləşmə reaksiyası üçün əlverişli şərait və bu şəraitə uyğun göstəricilərin qiymətləri tapılmışdır. Əsas məhsulu yüksək çıxımla almaq məqsədilə müxtəlif amillərin təsiri tədqiq edilmişdir. Araşdırmalardan o, da məlum oldu ki, tiokarbamid ilə orto metilbenzaldehyd və

etilasetat arasında kondensləşmə reaksiyasını etil-4-[2-hidroksifenil]-6-metil-2-tiokso-1,2,3,4-tetrahidropirimidin-5-karboksilatın yüksək çıxımla alınması istiqamətində aparmaq üçün optimal şərait tapılmışdır. Seçilmiş şəraitə uyğun göstəricilər əsasında 25°C temperaturda 4 saat müddətində aparılmış reaksiya nəticəsində götürdüyümüz 10.4 q tiokarbamidin 6.5 qramının çevrilməsindən alınan etil-4-[2-hidroksifenil]-6-metil-2-tiokso-1,2,3,4-tetrahidropirimidin-5-karboksilatın çıxımı 75 %, qarışıqın çıxımı isə 33% təşkil edir. Bu göstəricilər etil-4-[2-hidroksifenil]-6-metil-2-tiokso-1,2,3,4-tetrahidropirimidin-5-karboksilatın sintezi üçün optimal şərait ehtimal edilir. İlk maddələrin mol nisbətləri, temperatur və reaksiya müddətini əlverişli şərait üçün müəyyən edilmiş, göstəricilərin seçilmiş qiymətlərindən aşağı və yuxarı götürüldükdə nəticə alınmır. Məsələn  $\vartheta=0.1:0.2:0.1$  mol nisbətində, 25°C temperaturda 4 saat davam edən reaksiya nəticəsində 2,9 q tiokarbamidin (reaksiya üçün götürülən həcmi 7,9) çevrilməsindən 25% çıxımla əsas maddə, 75% çıxımla qarışıq alınır.  $\vartheta=0,2:0.2:0.1$  mol nisbətində 6.08 q tiokarbamidin (reaksiya üçün götürülən həcmi 15,2) çevrilməsindən əsas məhsul 40%, əlavə maddə isə 60% həcmində alınır. Arzu olunmayan qarışıqın (azometin, tiokarbamid və s.) çıxımının artması orto metil benzaldehydin tiokarbamidlə və ya etilasetatla birləşərək azometinin əmələ gətirməsi ilə izah edilir.

**Nəticə.** Müəyyən edilmişdir ki, triflüorsirkə turşusu iştirakında spirt mühitində müxtəlif aldehidlərin alkilasetat və tiokarbamid ilə qarşılıqlı təsirdən uyğun birləşmələr alınır. Bu sintezdə triflüorsirkə turşusunun rolu  $\beta$ -ketoefirin onun halogen anhidridinə çevirməkdən ibarətdir.  $\beta$ -ketoefirin ilkin halına nisbətən halogen anhidridi asanlıqla enollaşır. Enol da öz növbəsində  $\beta$ -ketoefirin reaksiyaya daxil olmamış hissəsi ilə qarşılıqlı təsirdə olur.  $\alpha$ - halogenəvzli turşuların üzvi sintezdə geniş tətbiqi onların tərkibindəki halogen atomunun nukleofil reagentlə çox asanlıqla əvəz olunması ilə bağlıdır. Ona görə də tədqiqat işində halogen əvəzli turşulardan katalizator kimi geniş istifadə edilmişdir.

Tsiklik tiokarbamid törəmələri göbələklərə qarşı daha yüksək effektiv təsirə malikdir. Eyni zamanda öyrənilmiş bu birləşmələr inhibitor kimi yüksək təsir effektivliyi göstərir və kumolun oksidləşməsinin qarşısını alır.

## ƏDƏBİYYAT

1. Zhi-Hai Zhang, Xiu-Qin Dong, Hai-Yan Tao, Chun-Jiang Wang. Asymmetric amination of cyclic  $\beta$ -keto esters catalyzed by amine-thiourea bearing multiple hydrogen bonding donors. // ARKIVOC, 2011, p.137-150.
2. Jenner G. Effect of high pressure on Biginelli reactions . Steric hindrance and mechanistic considerations // Tetrahedron Lett, 2004, № 45, p.6195 – 6198.
3. Sujayev A.R., Garibov E.N., Nazarov N.M. Synthesis and antioxidant properties of 5-ethoxycarbonyl-6-methyl 4-alkyl(aril)-1-n-alkyl(aril)-3,4-dihydropyrimidine-2(1h)-ions. // `Engineering and Technology`, 2015, s.4-8.
4. Nəzərov N.M., Sucayev Ə.R. Bəzi Tetrahidropirimidin-Keto Birləşmələrinin sintezi. // II International Scientific Conference Of Young Researchers, 2014, s.142-143.

## REFERENCES

1. Zhi-Hai Zhang, Xiu-Qin Dong, Hai-Yan Tao, Chun-Jiang Wang. Asymmetric amination of cyclic  $\beta$ -keto esters catalyzed by amine-thiourea bearing multiple hydrogen bonding donors. // ARKIVOC, 2011, p.137-150.
2. Jenner G. Effect of high pressure on Biginelli reactions. Steric hindrance and mechanistic considerations // Tetrahedron Lett, 2004, № 45, p.6195 – 6198.
3. SujaYEv A.R., Garibov E.N., Nazarov N.M. Synthesis and antioxidant properties of 5-ethoxycarbonyl-6-methyl 4-alkyl(aril)-1-n-alkyl(aril)-3,4-dihydropyrimidine-2(1h)-ions. // `Engineering and Technology`, 2015, s.4-8.
4. Nazarov N.M., Sucaev A.R. Synthesis of some Tetrahydropyrimidine-Keto Compounds . // II International Scientific Conference Of Young Researchers, 2014, s. 142-143.

**THE SYNTHESIS OF TETRAHYDROPYRIMIDINTIOLS BY THREE-COMPONENT  
CONDENSATION REACTION****N.M. Nazarov, S.S. Babayev**

*This article presents the optimal conditions for the synthesis of primidintions with the presence of thiocarbamide,  $\beta$ -keto esters and various aldehydes based on three-component condensation reactions. It was found that in the presence of trifluoroacetic acid, appropriate compounds are obtained from the interaction of various aldehydes in the alcohol medium with alkylacetoacetate and thiocarbamide. Given that primidintions are compounds with extensive pharmacological activity then the development of the optimal synthesis method of these substances synthesized on the basis of thiocarbamide is important. The preparation of derivates of tetrahydroprimidine and hexahydroprimidinethione from thiocarbamide has been studied in detail.*

**Key words:** thiocarbamide,  $\beta$ -keto-ether, pyrimidine tion, ethyl acetate, carboxylate, trifluoroacetic acid aldehyde, carbonyl.

**СИНТЕЗ ТЕТРАГИДРОПИРИМИДИНТИОНАТОВ НА ОСНОВАНИИ  
ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ РЕАКЦИЙ КОНДЕНСИРОВАНИЯ****Н.М. Назаров, С.С. Бабаев**

*В этой статье изложены оптимальные условия синтеза пиримидинтионатов на основании трехкомпонентных реакций конденсирования, при участии  $\beta$ -кетозэфир, различных альдегидов и тиокарбамида. Было установлено, что при взаимодействии различных альдегидов с алкилацетоацетатом и тиокарбамидом, в присутствии трифтаруксусной кислоты в спиртовой среде, образуются соответствующие соединения.*

*Если учесть широкую фармакологическую активность пиримидинтионатов, то разработка более оптимальных способов синтеза веществ этого класса, на основании тиокарбамида, становится актуальным. Было детально и всесторонне изучено получение производных тетрагидропиримидина и гексагидропиримидина из тиокарбамида.*

**Ключевые слова:** Тиокарбамид,  $\beta$ -кетозэфир, пиримидинтион, этилацетат, карбоксилат, трифтаруксусная кислота, альдегид, карбонил.

**Bu iş Azərbaycan Mill Elmlər Akademiyasının, Akademik Əli Quliev adına Aşqarlar Kimyası İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.**

**Müəlliflər haqqında məlumat**

**Soyadı, adı, atasının adı** Nəzərov Nəzər Möhübbət oğlu  
**İş yeri** AMEA, Aşqarlar Kimyası İnstitutu  
**Vəzifəsi** Elmi işçi  
**Maraq sahəsi** Elmi araşdırmalar  
**E-mail** [nazarov-nazar@rambler.ru](mailto:nazarov-nazar@rambler.ru)  
**Əlaqə telefonu** 050 414 15 81

**Soyadı, adı, atasının adı** Babayev Sabir Sahib oğlu.  
**İş yeri** AMEA, Aşqarlar Kimyası İnstitutu  
**Vəzifəsi** Böyük elmi işçi  
**Maraq sahəsi** Elmi araşdırmalar  
**E-mail** [Sabir\\_babayev@mail.ru](mailto:Sabir_babayev@mail.ru)  
**Əlaqə telefonu** 055 210 34 33

**Rəyçi: t.f.d., dos.G. Ömərova**

## ƏTRAF MÜHİTİN QORUNMASI

UOT 5.52.528.7

DOI:10.34826/NAA.2020.21.4.9

## ATMOSFERİN AEROZOL ÇİRLƏNMƏLƏRİNİN MƏSAFƏDƏN ZONDLAMA MƏLUMATLARI ƏSASINDA QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

X.S. Xəlilova

Milli Aviasiya Akademiyası

*Məqalədə Yer atmosferinin optik parametrlərinə aerosol çirklənmələrinin təsiri haqqında məlumatlar verilir. Araşdırmalar prosesində Yer səthinin aerokosmik təsirlər əsasında troposferdə və stratosferdə aerosolların paylanmasına nəzarət etmək üçün şüalanma tənliyinin həllinə əsaslanan ədədi yanaşmaya baxılmışdır. Ölçmələrdə aerosol çirklənməsinin monitorinqi üçün müasir peyk optik-elektron avadanlıqlarının məlumatlarından istifadə olunmuşdur. Müxtəlif spektral diapazonda aparılan ölçmələrin analizi aerosol çirklənmələrinin paylanma xüsusiyyətlərinin qiymətləndirilməsinə imkan verir.*

*Açar sözlər:* aerosol, atmosfer çirklənməsi, ölçmə, sinxron, kvazisinxron müşahidələr, spektrlər, antropogen amil, spektral bölünmə, aerokosmik məlumatlar.

**Aktuallıq.** Son illər insan fəaliyyəti nəticəsində ətraf mühitdə, o cümlədən ətraf mühitin əsas komponentlərindən olan atmosfer havasında baş verən dəyişiklik hal-hazırda ciddi ekoloji problemlərdən biri hesab olunur. Atmosferi çirkləndirən çoxsaylı amillərdən biri də, aerosol çirklənmələri hesab olunur. Aerosol çirklənmələrinin ətraf mühitə, o cümlədən insan orqanizminə təsiri digər çirkləndirici qazlardan kəskin fərqlənir [1,2]. Bu nöqtəyi nəzərdən, iri sənaye mərkəzlərində aerosol çirklənmələrinin qiymətləndirilməsi ətraf mühitin, o cümlədən atmosfer optikasının müxtəlif məsələlərində mühüm rol oynadığını nəzərə alsaq, bu sahədə aparılan tədqiqatların aktuallığı günün vacib məsələləri sırasına keçir.

**İşin məqsədi** atmosferin kəmiyyət və keyfiyyət göstəricilərinə aerosol çirklənmələrinin təsirinin araşdırılmasından ibarətdir.

Məlum olduğu kimi, sənaye şəhərləri üzərindəki aerosol sahələrinin formalaşma prosesinin mürəkkəbliyi və onların kimyəvi tərkibinin, dispersliyinin müxtəlifliyi ilə bağlı xüsusiyyətləri, mikrofiziki xüsusiyyətləri optik diapazonun müxtəlif spektral zonalarında çoxlu sayda ölçülmələrin keçirilməsini tələb edir. Atmosfer aerosolunun optik qalınlığı həm təbii, həm də antropogen amillərdən asılı olaraq sutkalıq, mövsümi və illərarası tərəddüdlərə məruz qalır. Sənaye şəhəri üzərindəki atmosferin aerosol çirklənməsi həm təbii qlobal proseslərdən və sənaye tullantılarının həcmindən, həm də qarışıqların yığılmasından, yaxud əksinə atmosferin təmizlənməsinə səbəb olan meteoroloji şəraitdən asılıdır. Meteoroloji və spektrometrik məlumatların müasir interpretasiyası şəhər atmosferinin aerosol optik qalınlığının dəyişkənliyinin qiymətləndirilməsinə imkan verir [1,2,3].

Kosmik informasiyalar əsasında atmosfer çirklənməsinin iki növü analiz olunur. Bunlardan biri molekulyar təsirə malik qaz hissəcikləri (Reley və Mi səpələnməsi), digəri isə çoxlu sayda bərk aerosol hissəcikləri hesab olunur. Təbii aerosollar əsasən, meşə, ot yanğınlarının, toz burulğanlarının və vulkan püskürməsi nəticəsində yaranır. Antropogen mənşəli aerosollar isə insan fəaliyyəti nəticəsində, əsasən də enerji istehsalı proseslərində yaranır.

Atmosferdə aerosol çirklənmələri haqqında informasiya verən üç kosmik informasiya mənbəyini göstərmək olar:

1. Spektrin müxtəlif oblastlarında yerin təsvirinin analiz metodu.
2. Trayektoriyanın formasına əsasən Günəşə görə atmosferin şəffaflığının ölçmə metodu.



3. “Yer-Atmosfer” sistemi tərəfindən əks olunan və səpələnən Günəş şüalanmasının ölçmələrinin nəticələrinin şərhinə əsaslanan metod.

Birinci üsul, yalnız aerozolların fəzada paylanmasını, digər iki üsul isə atmosfer aerozollarının optik xüsusiyyətləri baxımından qiymətləndirməyə imkan verir [3,4].

Qeyd olunan üsulların mahiyyətinin araşdırılması məqsədi ilə atmosferin aşağıdakı optik parametrləri haqqında bəzi məlumatları nəzərdən keçirək:

**Atmosferin optik parametrləri.** Yer atmosferində işıq selinin atmosferlə qarşılıqlı əlaqəsini müəyyənləşdirən əsas göstəricilər:  $k$  - udulma,  $\sigma$  - səpələnmə və  $\chi$  ( $\gamma$ ) atmosferin yayım indikatoru (göstəricisi) kimi parametrlərlə müəyyən olunur. Spektrin görünən hissəsində udulma çox az olduğu üçün onu nəzərə almamaq olar. Molekulyar (reley) və aerozol səpilmələri isə fərqlənilir.

Molekulyar səpələnmə göstəricisi  $\sigma_{\text{mol}}$  yaxşı məlumdur. Atmosferin Yerətrafi qatlarında  $\lambda=0.55$  dalğa uzunluğunda onun qiyməti  $\sigma_{\text{mol}}(\lambda=0.55 \text{ mkm})=0.0119 \text{ km}^{-1}$ -dir.

$\sigma_{\text{mol}}$  göstəricisinin, şüalanmanın dalğa uzunluğundan asılılığı aşağıdakı kimidir.

$$\sigma_{\text{mol}}(H, \lambda) = \sigma_{\text{mol}}(\lambda=0.55 \text{ mkm}) \left[ \frac{0.55}{\lambda} \right]^4.$$

Burada,  $\sigma_{\text{mol}}(H, \lambda)$ - molekulyar səpələnmənin hündürlük və dalğa uzunluğundan asılılıq funksiyasıdır.

Hündürlüyə görə molekulyar səpələnmə göstəricisi eksponensial qanunla dəyişir.

$$\sigma_{\text{mol}}(H, \lambda) = \sigma_{\text{mol}}(0, \lambda) \exp(H/H_{\text{mol}}).$$

Burada,  $H_{\text{mol}}=8 \text{ km}$  - molekulyar atmosferin effektiv hündürlüyüdür.

Molekulyar yayım indikatrixası isə  $\chi_{\text{mol}}(\gamma)=0.75(1+\cos^2\gamma)$  ifadəsi ilə tapılır.

**Atmosferin aerozolla çirklənməsinin aerokosmik monitorinqi sistemi.** Atmosferin aerozolla çirklənməsinin aerokosmik monitorinqi, spektrin ultrabənövşəyi görünən və yaxın infraqırmızı diapazonlarda aparılır. Spektrin bu diapazonlarında udulma və səpələnmə proseslərinə aerozoldan əlavə, atmosferin digər aktiv optik komponentləri təsir göstərə bilər. Onlara ozon, azot dioksidi və başqaları misal ola bilər. Aerozol komponentlərinin parametrlərinin bərpasına birkanallı ölçülərdən çoxkanallı (çoxspektrallı, çoxbucaqlı və ya spektral-bucaqlı) ölçülərə keçməklə nail olmaq olar. Onların məsələnin həllinə təsirinin göstəricilərinin müəyyənləşdirilməsi üçün çoxkanallı ölçmə üsullarının nəticələrindən istifadə olunur. Belə ölçmə avadanlıqları Landsat, Spot, Aqua, Sentinel, NOAA və digər müasir peyk sistemlərində tətbiq olunur [3,5,6,7].

Araşdırmalarda biz əsasən AzərSKY (Spot-6) peykində qoyulmuş skaner təsvirlərindən istifadə etmişik. Aşağıda həmin sistemin əsas texniki xarakteristikaları verilmişdir:

Spektral diapazonlar, mkm.

Panxromatik: 0.450-0.475

I kanal – Göy; 0.450-0.520

II kanal – Yaşıl; 0.530-0.590

III kanal – Qırmızı; 0.625-0.695

IV kanala yaxın infraqırmızı; 0.760-0.890

Müşahidə zonasının eni-60 km

Radiometrik ayırdetməsi- $2^{12}$ -qradasıya

Fəza ayırdetməsi: Panxromatikdə-1.5 m, multispektral-10 m

**Akkumlyasiya metodu.** Atmosfer tərəfindən zəiflədilmiş Günəş şüalanmasının ölçülməsi qeyd olunmuş çoxkanallı skaner ilə aparılmışdır: dalğa uzunluğunun işçi diapazonu-0,45, 0,89 mkm, spektral kanallarının sayı 5 olmuşdur. Aerozol qalınlığı, spektral sahədə 0.45...0.53 mkm və 0.75...0.83 mkm, ozonun udma zolağından kənarında 0.55...0.73 mkm müəyyən edilmişdir (burada Günəş radiasiyası ozon tərəfindən az miqdarda udulur). Aerozolun zəifləmə göstəricisinin şaquli profilinin bərpası, ölçülən qalınlığa görə statik tənzimləmə metodu ilə aparılır. Aerozolun zəifləmə göstəricisinin profili  $h>10 \text{ km}$  hündürlük oblastında bərpa olunur. Təcrübələrin nəticələri aerozol qatının əsasən 14...20 km, 25 km və 32 km-də formalaşmasını müəyyənləşdirmişdir.

**Bucaq metodu.** Bu metodda nadir xəttinə nəzərən simmetrik yerləşmiş iki istiqamətdə buraxılmış şüalanmaların işıqlanmasının ölçülməsi ilə atmosferin optik qalınlığının tapılmasına yönəlmişdir.

Peykin qabaq hissəsində yerləşdirilmiş uçkanallı telefotometr uçuş istiqamətinə perpendikulyar istiqamətdə skanerləşir və Yer in əks etdirdiyi radiasiyanın işıqlanmasını dar spektral intervalda ölçür. Bu interval 0.34; 0.47 və 0.75 mkm-də mərkəzləşmişdir. Bucaq metodunun əsas üstünlüyü ondan ibarətdir ki, müxtəlif dispersiyalı aerosolların qiymətləndirilməsi müxtəlif bucaqlar altında daha effektiv olur. Ölçmələr nadirdən  $\pm 3 - 10^\circ$  bucaq altında aparılmışdır. Sənaye şəhərlərində temperaturun təyin olunmasında da, aerosolların təsirinin qiymətləndirilməsi böyük əhəmiyyətə malik olur [6,7].

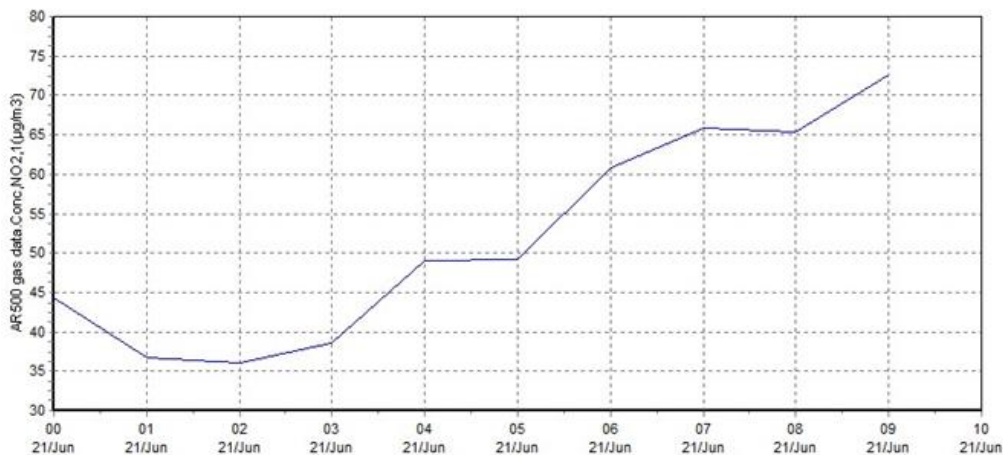
Temperaturun tapılmasında əsas maneə, atmosferdə aerosolun və su buxarının olmasıdır. Əgər ikiölçülü kanallar üçün su buxarının udma səviyyəsi fərqlidirsə, onların nisbəti sabitdirsə, onda ikikanallı ölçmə su buxarının hesablanması (qeydiyyatını) kifayət qədər dəqiqliklə təmin edir. Göstərilən şəraitlər mərkəzləri mkm-də olan, 1 mkm spektral intervallar üçün yerinə yetirilir. Belə ikikanallı ölçmələrə görə temperaturun tapılma xətası aerosolların nəzərə alınmaması, dəniz səthinin şüalanma əmsalı və aparat küyü ilə bağlıdır.

Yuxarıda qeyd olunduğu kimi, iri sənaye şəhərlərində atmosferin aerosol çirklənmələrinə müxtəlif təsirlər, o cümlədən avtomobil nəqliyyatı təsir göstərir. Bu təsirin xüsusiyyətini qiymətləndirmək üçün Bakı şəhəri üzərində aerosol çirklənmələrinin paylanma göstəriciləri əsasında, nəqliyyatın intensivliyinin böyük olduğu Heydər Əliyev prospektində çirklənmələrin paylanma xüsusiyyəti nəzərdən keçirilmişdir.

Aşağıdakı şəkillərdə nəqliyyatın intensivliyinin çox yüksək olduğu Heydər Əliyev prospektində 2019-cu ilin iyun ayında aparılmış ölçmə nəticələri göstərilmişdir.

Şəkil 1-də NO<sub>2</sub>-nin, Şəkil 2-də isə SO<sub>2</sub>-nin sutka ərzində (gecə saat 00<sup>00</sup>-dan gündüz saat 10<sup>00</sup>-a kimi) alınmış məlumatlar öz əksini tapmışdır.

Qrafiklərdən görünür ki, hər iki çirkləndirici qaz üçün konsentrasiyanın qiyməti saat 04<sup>00</sup> və 05<sup>00</sup>-dan etibarən artmağa başlayır. Bu isə bilavasitə nəqliyyatın intensivliyinin artması ilə əlaqədardır. Aparılan tədqiqatların nəticələri göstərir ki, nəqliyyatın intensivliyinin dəyişməsi baxılan qazların konsentrasiyasının kəskin artmasına səbəb oldu. Məsələn NO<sub>2</sub> üçün gecə saatlarında konsentrasiyanın qiyməti 35-40 mq/m<sup>3</sup> olduğu halda, 08<sup>00</sup>-09<sup>00</sup> radələrində bu qiymət təqribən iki dəfəyədək artaraq 70-75 mq/m<sup>3</sup> təşkil edir [8].

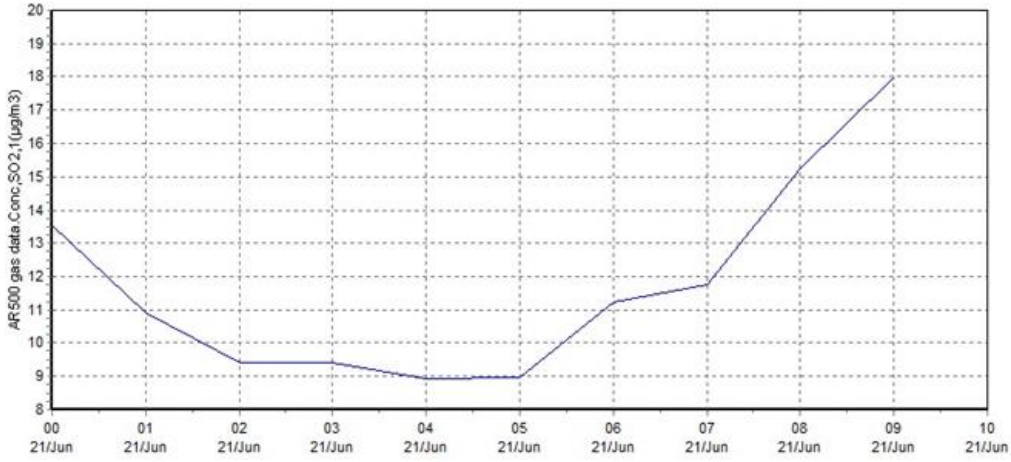


Şək. 1. 2019-cu ilin iyun ayında sutka ərzində NO<sub>2</sub>-nin konsentrasiyasının dəyişmə qrafiki

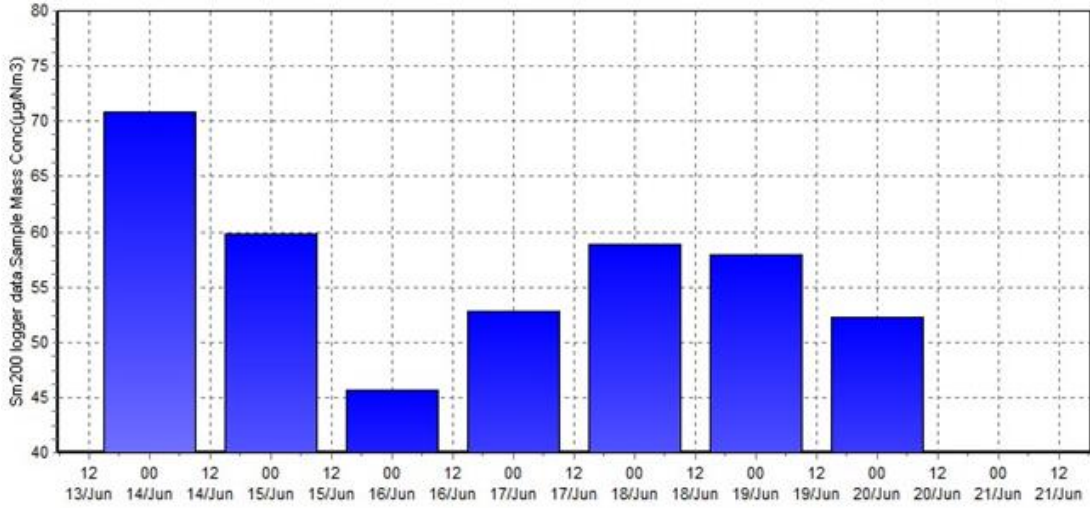
Analoji olaraq SO<sub>2</sub> qazı üçün gecə saatlarında bu qiymət 8-10 mq/m<sup>3</sup> olduğu halda saat 08<sup>00</sup>-09<sup>00</sup> arasında bu qiymət 2-2.5 dəfə artaraq 17-18 mq/m<sup>3</sup> təşkil edir.

Yuxarıda qeyd etdik ki, Heydər Əliyev prospektində atmosferi çirkləndirən göstəricilərdən biri də, tozun konsentrasiyasının dəyişməsidir. Ölçmələr iyun ayının 12-dən 21-ə kimi müddətdə aparılmış və müəyyən olunmuşdur ki, tozun konsentrasiyası müxtəlif günlərdə müxtəlif qiymətlər almışdır. Aparılan ölçmələr nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, baxılan günlərdə ən böyük, ən

yüksək konsentrasiya iyunun 14-də qeydə alınmışdır. Bunun əsas səbəbi meteoroloji məlumatlara görə qum fırtınalarının meydana gəlməsidir [8].



Şəkil 2. 2019-cu ilin iyun ayında sutka ərzində SO<sub>2</sub>-nin konsentrasiyasının dəyişmə qrafiki



Şəkil 3. İyun ayının 13-dən 21-ə kimi atmosferin tərkibində tozun konsentrasiyasının dəyişmə diaqramı

Atmosfer Havasının çirkləndiricilərinin Yol Verilən Qatılıq Hədləri (YVQH)		
Çirkləndiricilər	YVQH-ləri (µg/m <sup>3</sup> )	Ortalama dövrü
Benzol	5	1 il
Toluol	-	-
Para-Ksilol	-	-
Azotdördoksid	200	1 saat
Kükürddördoksid	350	1 saat
Ozon	120	8 saat
PM <sub>10</sub>	50	1 gün

## NƏTİCƏ

Aerokosmik üsullarla aparılan ölçmə nəticələri göstərir ki, baxılan üsul atmosferdə gedən proseslərə nəzarətin həyata keçirilməsinin ən müasir üsullarından biri hesab olunur. Peyk informasiyası əsasında hər bir çirkləndirici qazın udma spektrində və ya ona yaxın diapazonlarda aparılan ölçmələr atmosferdə gedən proseslərin izlənməsinə və onların nəticələrinin kəmiyyətə qiymətləndirilməsinə imkan verir. Bu sahədə aparılan tədqiqatlar göstərir ki, müasir *Peyk Ölçü Sistemlərinin* yüksək dəqiqliyə malik olması alınmış nəticələrin Yərüstə ölçmələrdən alınan məlumatlara çox yaxın olduğunu nümayiş etdirir.

**ОЦЕНКА АЭРОЗОЛЬНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В АТМОСФЕРЕ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ  
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

*Х.С. Халилова*

*Даны сведения об оптических параметрах земной атмосферы. Рассмотрен качественный подход, основанный на интерпретации спутниковых изображений земной поверхности для обнаружения дымовых загрязнений и пылевых образований в атмосфере, и количественный подход, основанный на решениях уравнения переноса излучения для контроля тропосферного и стратосферного аэрозоля земной атмосферы из космоса.*

*Приведены примеры спутниковой оптико-электронной аппаратуры для мониторинга аэрозольных загрязнений земной атмосферы. Уменьшение темпов загрязнения атмосферы в зависимости от природной среды и ее постепенная минимизация в будущем являются одними из наиболее важных вопросов.*

**Ключевые слова:** аэрозоль, загрязнение атмосферы, измерения, синхронный, квазисинхронные наблюдения, спектры, антропогенный фактор, спектральное разделение.

**EVALUATION OF AEROSOL POLLUTION IN THE ATMOSPHERE BASED ON REMOTE SENSING DATA**

*Kh.S. Khalilova*

*The information about the optical parameters of the earth's atmosphere is widely described in the article. A qualitative approach based on the interpretation of satellite images of the earth's surface to detect smoke pollution and dust formations in the atmosphere, and a quantitative approach based on solutions of the radiation transfer equation to control the tropospheric and stratospheric aerosol of the Earth's atmosphere from the space are considered in the work. It also illustrates examples of satellite optical-electronic equipment for monitoring aerosol pollution of the earth's atmosphere. Depending on the natural environment, it is important to prevent the acceleration of atmospheric contamination processes and to gradually minimize them in the future.*

**Key words:** aerosol, atmosphere pollution, measurements, synchronous, quasicynchronous observations, spectrum, anthropogenic factor, spectral decomposition.

**ƏDƏBİYYAT**

1. Koukouli, M.E. Signs of a negative trend in the MODIS aerosol optical depth over the Southern Balkans / M.E. Koukouli, S.Kazadzis, V. Amiridis, C. Ichoku, D.S. Balis, A.F.Bais // Atmos. Environ., № 44, 2010, P. 1219-1228.
2. Yoon, J. Analysis of linear long term trend of aerosol optical thickness derived from SeaWiFS using BAER over Europe and South China / J.Yoon, W. von Hoyningen-Huene, M. Vountas, J.P. Burrows // Atmos. Chem. Phys., № 11, 2011, P. 12149-12167.
3. Абакумова Г.М., Горбаренко Е.В. Прозрачность атмосферы в Москве за последние 50 лет и ее изменения на территории России. М., 2008, с.109-114.
4. Поддубный В.А., Лужеская А.П. и др. Оценка влияния города на аэрозольное замутнение атмосферы по данным двухточечных измерений «Фон- промышленный город». // Оптика атмосферы и океана. 2012. Т25, №4. с.319-326.

5. Тимофеев Ю.М., Васильев А.В. Основы теоретической атмосферной оптики. Санкт-Петербург. 2007. 73-83.
6. URL: <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni>
7. URL: [http://aeronet.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/bamgomas\\_inter\\_active](http://aeronet.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/bamgomas_inter_active).
8. [eco.gov.az](http://eco.gov.az).

### **REFERENCES**

1. Koukouli, M.E. Signs of a negative trend in the MODIS aerosol optical depth over the Southern Balkans / M.E. Koukouli, S.Kazadzis, V. Amiridis, C. Ichoku, D.S. Balis, A.F.Bais // Atmos. Environ., № 44, 2010, P. 1219-1228.
2. Yoon, J. Analysis of linear long term trend of aerosol optical thickness derived from SeaWiFS using BAER over Europe and South China / J.Yoon, W.von Hoyningen - Huene, M. Vountas, J.P. Burrows // Atmos. Chem. Phys., № 11, 2011, P. 12149-12167.
3. Abakumova G.M., Gorbarenko E.V. Prozhrachnost' atmosferyy v Moskve za posledniye 50 let y ee yzmenenyya na terrytoryy Rossyy. M.2008.s.109-114.
4. Poddubnyy V.A., Luzhetskaya A.P. y dr. Ocenka vlyjaniya goroda na aërozoll'noe zamutneniye atmosferyy po dannymy dvuhtocheynyy yzmerenyj «Fon- promyyslennyj gorod». // Optyka atmosferyy y okeana. 2012. T25, №4. s.319-326.
5. Timofeev Ju.M., Vasylyev A.V. Osnovi teoreticheskoy atmosfernoj optiki. Sankt-Peterburg. 2007. 73-83.
6. URL: <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/Giovanni>.
7. URL: [http://aeronet.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/bamgomas\\_inter\\_active](http://aeronet.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/bamgomas_inter_active).
8. [eco.gov.az](http://eco.gov.az).

### **Müəllif haqqında məlumat**

<b>Soyadı, adı, atasının adı</b>	Xəlilova Xədicə Sabir qızı
<b>İş yeri</b>	Milli Aviasiya Akademiyası
<b>Vəzifəsi</b>	Elmi-tədqiqat işləri üzrə analitik şöbənin mühəndisi, “Ətraf mühitin aerokosmik monitorinqi” kafedrasının dissertantı
<b>Maraq sahəsi</b>	Məsafədən aerokosmik tədqiqatlar
<b>E-mail</b>	<a href="mailto:-x.xalilova@mail.ru">-x.xalilova@mail.ru</a>
<b>Əlaqə telefonu</b>	<a href="tel:+994774200502">+994 77 420 05 02</a>

*Rəyçi: t.e.d., prof .A.N. Bədəlova*



**OĞUZ-QƏBƏLƏ-BAKİ SU TƏCHİZATI KƏMƏRİNƏ GEODİNAMİK TƏSİRLƏRİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ****M.H. Qocamanov<sup>1</sup>, Ç.Z. Qurbanov<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Bakı Dövlət Universiteti,<sup>2</sup>“Azərsu” ASC, “Sukanal” Elmi-Tədqiqat və Layihə İnstitutu

*Məlum olduğu kimi, mülki və sənaye obyektlərinin inşa edilməsindən sonra onların istismarı dövründə də, işin etibarlı təşkili olduqca vacib məsələlərdəndir. Oğuz-Qəbələ-Bakı magistral su təchizati kəməri mürəkkəb fiziki-coğrafi, geoloji-geomorfoloji, seysmoloji-tektonik şəraitə malik rayonlardan keçir və nəticədə daima təbii şərait amilləri və hadisələrinin təsirlərinə məruz qalır. Digər tərəfdən, su təchizati kəməri sistemində baş verən qəza hadisələri bir sıra təbii prosesləri, məsələn, sürüşmələri, eroziya prosesini və s. aktivləşdirə bilər. Bununla əlaqədar, təbii mühitlə su kəməri texniki sistemi arasında qarşılıqlı təsirlərin kompleks şəkildə tədqiqi əhəmiyyətli və aktual elmi-təcrübi məsələdir.*

*Təqdim edilən məqalədə Oğuz-Qəbələ-Bakı su təchizati kəmərinə baş verən qəza hadisələrinə geodinamik proseslərin təsirinə araşdırılması və qiymətləndirilməsi həyata keçirilmişdir.*

*Açar sözlər: magistral su təchizati kəməri, Oğuz-Qəbələ-Bakı, hadisələr, geodinamik proseslər, Yer təkinin müasir hərəkətləri, monitoring, seysmik, tektonik.*

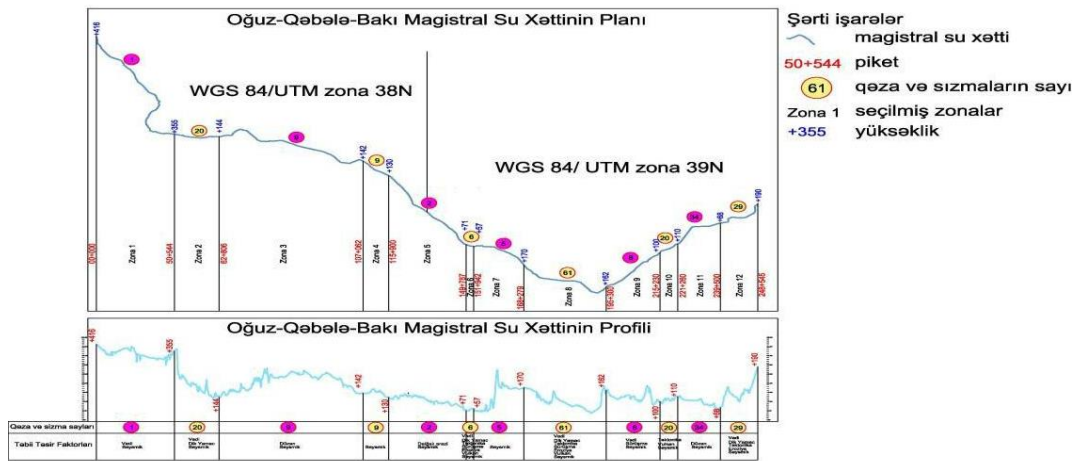
**Giriş**

Oğuz-Qəbələ-Bakı magistral su təchizati kəməri ölkəmizin müstəqillik illərində həyata keçirilmiş möhtəşəm layihələrdən biridir. Kəmərin istismarı dövründə onu işçi vəziyyətdə saxlanması mühüm əhəmiyyət daşıyır. Bu məqsədlə kəmər üzrə monitoring sisteminin yaradılması və daimi müşahidələrin aparılması ilə kəmərin vəziyyətinin nəzarətdə saxlanması olduqca vacib məsələlərdəndir.

Ayındır ki, Yer fiziki səthində kəmərin plan-yüksəklik vəziyyətinin dəyişilməz saxlanması təcrübi olaraq qeyri-mümkündür və kəmərin plan-yüksəklik vəziyyətinin dəyişməsi ilə bu və ya digər səciyyəli qəzalar baş verir. Qəzaların baş verməsinin çoxsaylı obyektiv və subyektiv səbəbləri vardır. Əgər subyektiv səbəblər kimi kəmərin salınması zamanı istifadə edilmiş boru və avadanlıq materiallarının keyfiyyətsiz olması, inşa işləri aparılarkən bir sıra normativ dəqiqlik tələblərinə ciddi əməl olunmaması və s. göstərilirsə, obyektiv səbəblərə əsasən, təbiət hadisələri və komponentləri ilə bağlı təsirlər aid edilir. Bunlara baxmayaraq bir çox hallarda qəzaların baş vermə səbəblərinə daha çox subyektiv mənbələr əsas göstərilir. Lakin, elmi araşdırmalar göstərir ki, bu heç də belə deyildir. Dominant qüvvələr təbiət hadisələri ilə bağlıdır, o cümlədən, geodinamik təsirlər - Yer qabığının müasir hərəkətləri kəmərlərdə qəzaların baş verməsində əsas səbəblərdəndir.

**İşin məqsədi** monitoring müşahidələri zamanı kəmərlərdə qəzalara səbəb ola biləcək, bütün təsir qüvvələrinin ayrı-ayrılıqda öyrənilərək qruplaşdırılması, onların baş vermə mexanizmi və qanunauyğunluqlarının müəyyən edilməsi, kəmərin ayrı-ayrı hissələrində yerli xüsusiyyətlərə müvafiq monitoring müşahidə metodikalarının və qəzalara qarşı görülə biləcək tədbirlərin işlənməsi və uyğun olaraq, Oğuz-Qəbələ-Bakı magistral su təchizati kəməri ilə bağlı məsələlərin araşdırılaraq “Azərsu” ASC-nin monitoring sisteminin təkmilləşdirilməsidir.

**Oğuz-Qəbələ-Bakı magistral su təchizati kəmərinin taktiki-texniki səciyyəsi.** Oğuz-Qəbələ-Bakı magistral su təchizati kəməri Oğuzda yerləşən 20 000 m<sup>3</sup> həcmdə su anbarını Bakıdakı təzyiqrücü kamera ilə birləşdirir. Kəmərin uzunluğu 251 km, diametri 2 m olan şüşəlifli polietilen borular (Glassfiber Reinforced Plastic Pipes - GRP) və polad borulardan təşkil olunmuşdur. Oğuzda su mənbəyinin yüksəkliyi +415 metrdir. Magistral kəmərin üzərində 0+31 km və 0+158 km məsafələrdə təzyiqrücü kameralar (TQK) inşa edilmişdir. Anbardan birinci təzyiqrücü kameraya (TQK 1), oradan isə Bakı ətrafındakı ikinci təzyiqrücü kameraya (TQK 2) ötürülür. Birinci təzyiqrücü kamerada suyun səviyyəsi +288 m, ikincidə isə +188 m təşkil edir (şəkil 1).

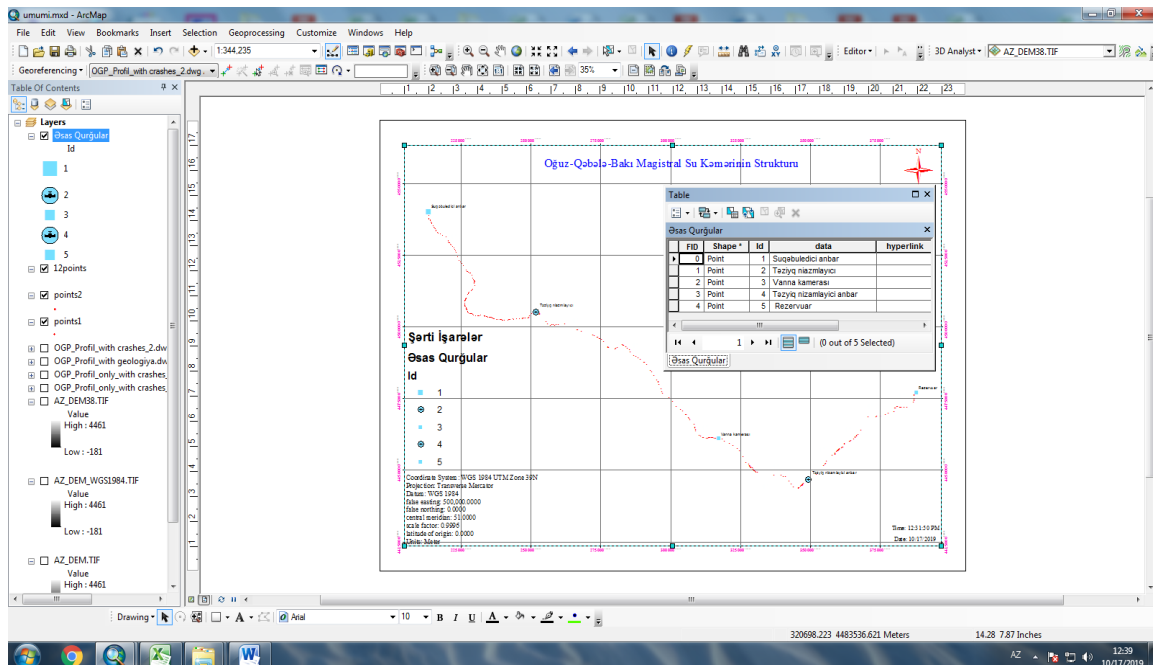


Şək. 1. Oğuz-Qəbələ-Bakı su təchizatı xəttinin plan və şaquli profili

Kəmərdə su təzyiqinin 2,5 MPa-dan aşağı olan hissələrində GRP borular quraşdırılmışdır. Ümumi halda dörd sinifdə GRP və polad borulardan istifadə edilmişdir: PN 10, PN 16, PN 20 və PN 25. Boru sinifləri relyeflə bağlı yaranan hidravlik təzyiqlərə boruların tab gətirmə dərəcəsi ilə müəyyən edilir.

Kəmərin inşa edilməsi zamanı su təzyiqinin 2,5 MPa-dan yuxarı olan hissələrində: çay, yol, sürüşmə, zəlzələ, tektonik qırılmalar, vulkan sahələri, sıldırımlar, dərələr və başqa bu kimi keçidlərdə polad borulardan istifadə edilmişdir. Çay keçidlərinin sayı -12 ədəd, ümumi uzunluğu 5847 m, magistral yol keçidlərinin ümumi uzunluğu 468 m olmaqla 10 ədəd, neft və qaz xətləri ilə kəsişmələrin sayı 4, uzunluğu 80 metr təşkil edir.

Boru kəməri üzərində iki ədəd siyirtmə kamerası vardır. Axına və təzyiqlə nəzarət kameralarının məqsədi boru kəməri boyu axını nizamlamaqdır. Axına nəzarət kamerası Oğuz su anbarından 0+31,2 km məsafədə, təzyiqlə nəzarət kamerası isə 0+158,4 km məsafədə yerləşir (şəkil 2).

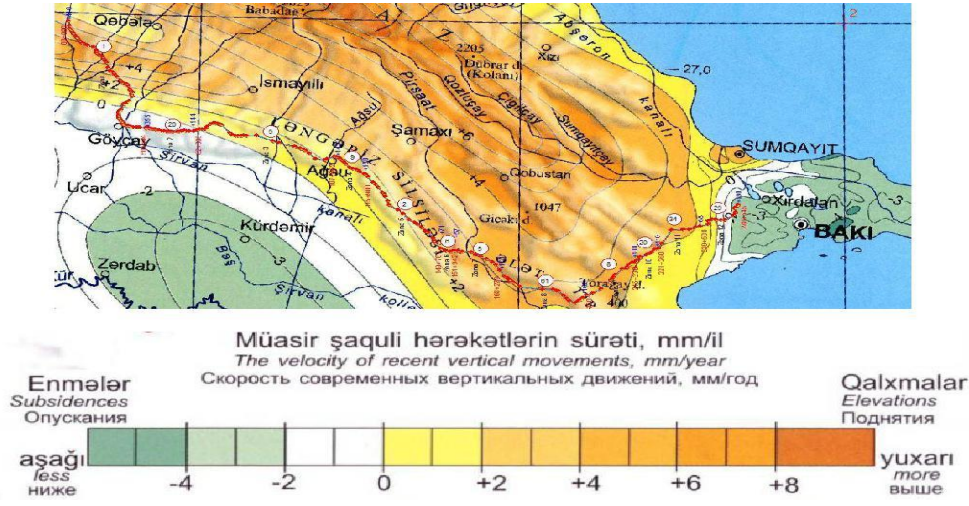


Şək. 2. Oğuz-Qəbələ-Bakı su kəməri sisteminin sxematik təsviri

**Oğuz-Qəbələ-Bakı kəmərinin keçdiyi ərazinin fiziki-coğrafi, geoloji-geomorfoloji-seysmoloji səciyyəsi.** Oğuz-Qəbələ-Bakı magistral su təchizatı kəməri Böyük Qafqazın dağ atəklərindən (Sincan kəndi) cənub-şərq yamacının Qobustan alçaq dağlıq (Cənubi Qobustan)

ərazisindən keçməklə Qərbi Abşeronun Bakı-Şamaxı yolu üstündə «At yalı» deyilən yerədək uzanır. Trassa boyu kəmərlə dağətəyi və düzənlik ərazilərə məxsus bir çox geomorfoloji vilayətlərdən keçir (Şəkil 3).

Geoloji-litoloji cəhətdən bu ərazinin (qərbdən şərqə doğru) dağətəyi yamaqları hüduqlarında əsasən müasir və üst Dördüncü dövrün allüvial-prolüvial əlaqəsiz iri qırıntılı (çaqıl-çınqıl, qaymadaşları) və əlaqəli (gil, gilcə, qumca) qruntları sahəvi inkişaf tapmışdır.



Şəkil 3. OGB kəmərinin zonalarla ayrılması sxemi

Düzənlik rayonlarda alt və orta Dördüncü dövrün allüvial-prolüvial mənşəli əsasən əlaqəli qruntları üstünlük təşkil edir (gil, gilcə, çox az halda qumca).

Girdimançay-Ağdarçay-Ağsuçay çayarası ərazisindən axıra kimi kəmərlə dəniz mənşəli qruntlardan keçir, yalnız axırını 4,0-5,0 km məsafədə Paleogenin Koun yaşlı süxurlarla əvəz olunur. Ərazinin hidrogeoloji şəraiti ilə bağlı qeyd etmək olar ki, kəmərin başlanğıcdan Comərd dağ silsiləsinə kimi 1,0-4,0 m dərinliklərdə qruntları mövcuddur, qalan hissələrdə çaylarla kəsişmə və məcraltı sahələr istisna olmaqla, qruntları sularına demək olar ki, rast gəlinmir.

Tektonik baxımdan Azərbaycanın əsas struktur kompleksləri Böyük və Kiçik Qafqaz meqantiklinoriumları və onları bir-birindən ayıran Kür meqasinklinoriumundan ibarətdir. Bu strukturlar şərq istiqamətində meridional Xəzər depresiyasına məxsus müasir çöküntülərlə örtülmüşdür, dağlıq hissədə (Ləngəbiz-Ələt silsiləsi və Qobustan alçaq dağlıq sistemi) tektonik qırılmaları uzununa (en dairəsi istiqamətli) və eninə qırılmalar kimi səciyyələndirmək olar. Uzununa tektonik qırılmalar Böyük Qafqazın cənub-şərq yamacında ən geniş yayılma diapazonuna malikdir. Ərazidə həm regional, həm ikinci, həm də daha aşağı dərəcəli tektonik qırılmalara təsadüf olunur. Regional tektonik qırılmalar əsasən uzununa tektonik strukturların sərhədlərində yerləşirlər. İkinci və aşağı dərəcəli tektonik qırılmalar isə qarışıq struktur hüduqlarında daxili quruluşlarını mürəkkəbləşdirərək ayrı-ayrı bloklara ayrılırlar.

Böyük Qafqaz ərazisində Zaqatala, Oğuz, Şamaxı, Xəzərönü, Xəzər, Abşeron, Acınohur seysmotektonik rayonlardır. Cənubi-Qobustan isə seysmik zonadır. Seysmik Cənubi-Qobustan zonası, Abşeron seysmoaktiv zonasının cənub-qərbində yerləşir, onun sərhədləri şərti olaraq, şimalda Cəngi kəndindən keçən en xətti, cənub-şərqdə Xəzər dənizinin sahili boyu keçən meridional istiqamətli Ələt dərinlik qırılması, cənub-qərbdə Şirvan düzənliyinin şimal-şərq kənarıdır. Belə qənaətə gəlmək olar ki, bu zonada yerli ocaqdan güclü zəlzələlər baş versə də, ancaq palçıq vulkanlarının püskürməsi zamanı kiçik silkələnmələr baş verə bilər, bu titrəyişlərin gücü də 5-6 baldan yuxarı ola bilməz. Bütövlükdə, Oğuz-Qəbələ-Bakı kəmərinin keçdiyi ərazinin seysmikliyi əsasən 12 ballıq şkalaya görə 8 balla, yalnız suyuqcu-rezervuar sahəsində 9 balla qiymətləndirilir.

Kəmərin keçdiyi ərazilərdə ekzogen və endogen proseslər aktivdir. Belə ki, Qarayazı-Kürdmaşı sahəsində, Ləngəbiz silsiləsinin Udulu kəndi yaxınlığında Şirvan düzü tərəfə və şərq istiqamətdə Pirsaatçayın sağ sahilində, Durandağın cənub-şərq və şərq yamaqları və dərin

yarğanların təpə hissələrində, Ceyrankeməz çayının sağ sahilində sürüşməyə meyillilik yüksəkdir. Su kəmərinin təxminən 17,0-18,0 km sonluğunda qrifon və su püskürən kiçik palçıq vulkanı mövcuddur [1].

Yer qabığının müasir şaquli hərəkətlərinin amplitudası ərazi üzrə müsbət və mənfi işarələrlə (enmə-qalxma) (2,0-4,0) mm/il intervalında dəyişir.

**Kəmərlərdə baş verən qəzaların icmalı və baş vermə səbəbləri.** Boru xətlərində baş verən qəzaların statistikasına nəzər yetirsək, qəzaların baş verməsini boru və avadanlıqların hazırlandığı materialların keyfiyyətsiz olması və yaxud kəmərin inşa edilməsi zamanı inşaat-montaj işlərinin aşağı keyfiyyətdə aparılması, normativ tələblərdən kənara çıxmaların olması ilə izah etmək doğru deyildir. Nəzəri araşdırmaların nəticələri onu deməyə əsas verir ki, magistral boru kəmərlərində, su və kanalizasiya şəbəkələrində və ya ümumilikdə, xətti qurğularda baş verən qəza hadisələri əsasən geodinamik təsirlərdən yaranır. Ümumi halda, magistral su xətlərində qəzalar əsasən aşağıda göstərilən səbəblərdən baş verə bilər:

- plastik və polad borularda qəza və su sızmaları;
- borunun çatlaması;
- borunun mənəvi köhnəlməsi;
- borunun qaynaq birləşməsindən qırılması;
- torpaq laylarının deformasiyası;
- borularda xarici və daxili korroziyaların baş verməsi;
- borularda hidravlik zərbələrin olması və s.

Bunlardan başqa uzunmüddətli istismar olunan su xətlərində sistemli nəzarətin olmaması və təmir-bərpa işlərinin aparılmaması qəza vəziyyəti riskini daha da artırır. Magistral su kəmərlərində risk faktorları göstəricilərini üç hissəyə ayırmaq olar: 1. Təbii risklər; 2. Texnogen risklər; 3. Antropogen risklər.

Təbii risk faktorlarına aşağıdakılar aid edilir:

- subasma;
- kəmərin su altında qalması;
- çay keçidləri;
- landşaftın dəyişməsi;
- zəlzələlər;
- trasın bataqlıqlaşması;
- sürüşmə sahələri.

Texnogen risklərə aşağıdakılar səbəb olur:

- metalın korroziyası;
- mütəxəssis səhvi;
- avadanlığın sıradan çıxması;
- donmuş qruntun təsiri nəticəsində kəmərin yerdəyişməsi;
- kəmərlər xəndəyə qoyulduqdan sonra landşaftın dəyişməsi;
- kəmərin uzunmüddətli istismarı.

Antropogen risk faktorları insan fəaliyyəti ilə bağlıdır:

- inşaat işləri apararkən landşaftın dağıdılması;
- kəmərlərin mühafizə zolaqlarında tikinti işlərinin aparılması;
- insanlar tərəfindən kəmərlərə qeyri-qanuni müdaxilə;
- meliorasiya məqsədləri üçün su hövzələrinin yaradılması.

Bəzən magistral su kəmərlərinin texniki vəziyyətinin dəyişməsinə əsas səbəb kimi kəmərlərin yaşayış məntəqələrinə yaxın olması, bəzi hallarda isə kəmərlərin mühafizə zolaqlarında tikililərin olması göstərilir.

Bir çox hallarda su təchizatı texniki sisteminə təbiət faktorlarının təsiri ilə yanaşı, əks proseslər baş verir, yəni kəmərlərdə yaranmış qəzalar təbii prosesləri aktivləşdirir. Belə ki, boru kəmərlərinin keçdiyi fiziki-coğrafi rayonlarda sel, sürüşmə, daşqın, torpaq eroziyası, seysmik-



tektonik hərəkətlər və başqa təbiət hadisələrinin təsiri nəticəsində boru kəmərlərində çatlar, su sızmaları və s. qəzaların baş verməsi mümkündür. Belə olan halda, məsələn, su sızmaları da öz növbəsində sel, sürüşmə, torpaq eroziyası kimi təbiət hadisələrini aktivləşdirə bilər. Məhz bu səbəbdən texniki sistemlərin, xüsusi halda magistral su kəmərlərinin istismarı dövründə onların vəziyyətinin kompleks monitorinqi: yerləşdiyi ərazinin geoloji-geomorfoloji, geodinamik, seysmoloji-tektonik, xüsusilə də məkandakı yerinin geodezik baxımdan monitorinqi olduqca vacib məsələlərdəndir. Onların həlli magistral su xətlərində qəzaların baş vermə səbəblərinin endogen və ya ekzogen olmasının dəqiq təhlil edilməsinə, qabaqlayıcı tədbirlərin təşkilinə, ətraf mühitin bu proseslərlə əlaqələndirilməsinə imkan verəcəkdir [2-3].

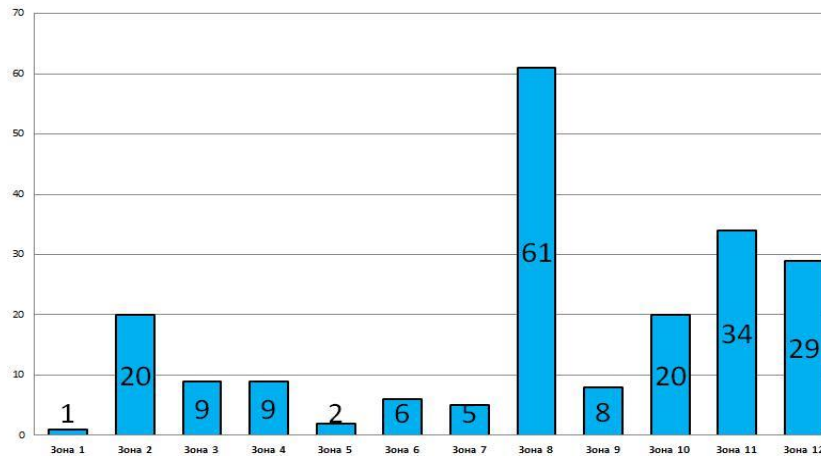
**OQB su təchizatı kəmərinə qəzaların baş verməsində geodinamik təsirlərin rolunun qiymətləndirilməsi.** Magistral su kəmərləri təbii-texniki sisteminin geokoloji vəziyyətinin qiymətləndirilməsi üçün xüsusi metod və metodikaların işlənilib hazırlanması və bu əsasda qəzanın fəsadlarının aradan qaldırılması və yaxud azaldılması məqsədi ilə müvafiq texnologiyaların işlənməsi zərurəti meydana çıxır. Qeyd etmək lazımdır ki, mühəndisi konstruksiyaların aşınması təbii-texniki sistemin, xüsusi halda magistral boru kəmərlərinin keçdiyi ərazilərdə baş verən təbiət və təbiət-texnogen proseslərin inkişaf sürətindən birbaşa asılıdır. Magistral boru kəmərlərinin fiziki-coğrafi mühitlə qarşılıqlı təsirdən bataqlıqların yaranması və inkişafı, karst prosesi, yarıq və torpağın səth eroziyası, çatların yaranması və digər bu kimi hadisələrin inkişafına gətirib çıxarır ki, bu da boru kəmərlərində qəza hallarına səbəb olur. Ona görə də, magistral boru kəmərlərinin monitorinqi zamanı təbiət və texnogen elementlərin vəziyyəti kompleks şəkildə qiymətləndirilməlidir.

Təbii-texniki sistemin monitorinqi aparılarkən qəzanın baş vermə dərəcəsinə (potensialına) görə bütövlükdə sistem hissələrə (zonalara) ayrılır: qeyri-aktiv zona; azdərəcədə aktiv zona; orta aktiv zona; aktiv zona, çox aktiv zona. Zonalaşdırma zamanı fiziki-coğrafi rayonların geoloji-geomorfoloji, seysmoloji-tektonik və başqa göstəriciləri, eləcə də, əvvəlki dövrlərdə həmin ərazilərdə qeydiyyata alınmış qəzalar haqqında məlumat-statistik verilənlər nəzərə alınır. Sonra hər bir zonaya uyğun gələn monitorinq, müşahidə üsulu seçilir.

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, təhlillər göstərir ki, magistral su təchizatı kəmərlərində baş verən qəzaların əksəriyyəti geodinamik səbəblərlə əlaqədardır. Xüsusi halda bu məsələlər Oğuz-Qəbələ-Bakı kəməri timsalında tərəfimizdən tədqiq edilmişdir. Bu kəmərin taktiki-texniki göstəriciləri, eləcə də keçdiyi ərazinin fiziki-coğrafi, geoloji-geomorfoloji-seysmoloji xüsusiyyətləri, həmçinin, kəmərlərdə baş verən qəzaların ümumi səciyyəsi haqqında əvvəlki bölmələrdə məlumatlar verilmişdir. Təfəssatlı təhlilin aparılması üçün bütövlükdə kəmərin 12 zonaya ayrılmışdır (şəkil 4). Araşdırmalar göstərir ki, hadisələrin kəmərin boyunca paylanması qeyri-bərabərdir. Elə zonalarda vardır ki, orada ümumiyyətlə hadisələr qeydə alınmamışdır (birinci zona: Qəbələ-Göyçay), lakin bir başqa zonalarda hadisələrin intensivliyi olduqca yüksəkdir (ikinci zona: Göyçay-48-ci meridian; səkkizinci zona: Gicəki dağı; onuncu zona: Qobustan; on birinci zona: Qızıldaş; on ikinci zona: Xırdalan) (cədvəl 1). Hadisələrin intensiv baş verdiyi zonalarda kəmərin işçi vəziyyətdə saxlanılması böyük həcmdə təmir-bərpa işlərinin hesabına əldə edilir. Bu zaman qəzaların baş vermə səbəbləri kimi əsasən plastik və polad borularda su sızmaları, borunun çatlaması, borunun mənəvi köhnəlməsi və partlaması, borunun qaynaq birləşməsindən qırılması və digər mexaniki təsirlər göstərilir. Başqa sözlə desək, hadisələrin səbəbi mühəndisi həllərdə axtarılır.

Lakin təbii proseslərin, xüsusi halda geodinamik proseslərin (Yer qabığının müasir hərəkətlərinin (YQMH)) kəmərlərə təsiri nəzərdən kənar saxlanılır. Bunun əksinə, araşdırmalar göstərir ki, hadisələrin baş verməsində geodinamik proseslər daha öncül yer tutur. Xüsusilə də, tektonik qırılmaların olduğu yerlərdə YQMH-lərin amplitudası daha böyük qiymətə malikdir [4].





Şək. 4. Hadisələrin zonalar üzrə paylanması

Cədvəl 1

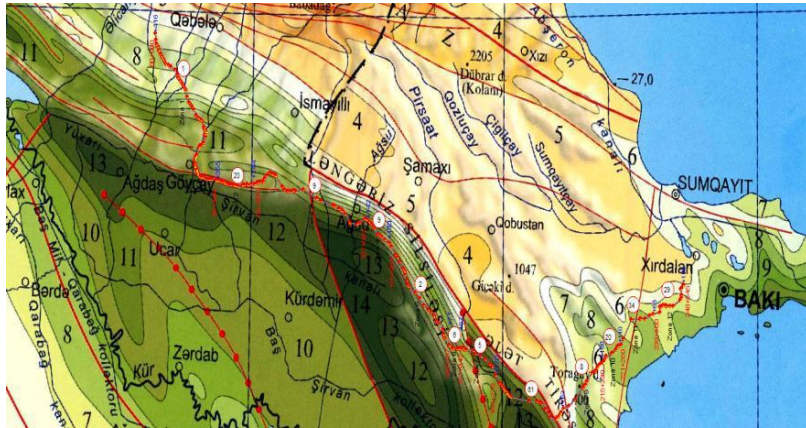
Zonalar	Magistral Su Yətişmə Liniyası		Geoloji şəraitdən asılılıq-Зависимость от геологических условий												
	Əvvəl	Son	Interval,m	Neotektonika,m	Müasir şaqullı hərəkətlərin sürəti,mm/yıl	Reljef kəsilmişliyi	Tektonika	Vadi	Erozija	Vulkan	Sürüşmə	Seysmika	Dik yamac	Hadisələrin sayı,ədəd	Qeyd
№	№	№	№	№	№	№	№	№	№	№	№	№	№	№	№
1	00-000	50-544	50,544	3.00	1.75	416,355	—	+	—	—	—	+	—	1	
2	50-544	62-806	12,262	11.50	0.00	355,144	—	+	—	—	—	+	+	20	
3	62-806	107-062	44,256	0.00	0.80	144,142	—	—	—	—	—	+	—	9	düzən ərazi
4	107-062	115-900	8,838	0.00	1.50	142,130	—	—	—	—	—	—	—	9	
5	115-900	149-787	33,887	10.00	2.00	130,71	—	—	—	—	—	+	—	2	dağlıq ərazi
6	149-787	151-942	2,155	10.00	2.40	71,57	+	+	+	+	+	+	+	6	
7	151-942	168-279	16,337	12.00	3.00	57,170	—	—	—	—	—	+	—	5	
8	168-279	195-300	27,021	12.00	2.80	170,162	+	+	+	+	+	+	+	61	
9	195-300	215-230	19,930	6.00	2.50	162,100	—	+	—	—	+	—	—	8	
10	215-230	221-260	5,030	8.00	2.00	100,110	+	—	—	+	—	+	—	20	
11	221-260	239-500	18,240	6.00	2.50	110,68	—	—	—	—	—	+	—	34	düzən ərazi
12	239-500	252-500	13,000	5.00	-2.20	68,190	+	+	+	—	—	+	+	29	
Toplam-Сумма			251,500											204	
Umumi uzunluq,km			251,50												
Общая длина,км			251,50												

— Rast gəlinməyən geoloji şərait-Ненаблюдаемые геологические условия  
+ Rast gəlinən geoloji şərait-Наблюдаемые геологические условия

Oğuz-Qəbələ-Bakı su təchizatı kəmərinin keçdiyi fiziki-coğrafi rayonun tektonika xəritəsinə (şəkil 5) nəzər yetirsək görərik ki, bu zonalarda kəmərx müxtəlif tektonik strukturları və tektonik qırılmaları kəsməklə keçir. Göründüyü kimi, ikinci zona bilavasitə Ağdaş-Göyçay regional qismən dərin qırılması üzərində yerləşir. Üçüncü zonada kəmərx Ağsu-Sabirabad dərin geoloji qırılmasını kəsməklə Ləngəbiz dərin qırılma zonasına daxil olur və səkkizinci zona da daxil olmaqla, bu qırılmaya paralel şəkildə uzanır. Lakin yeddinci zonada OQB kəmərx neotektonik zonaları məhdudlaşdıran qırılmalarla (dərinə və regional) rastlaşır və səkkiz və doqquzuncu zonalarda Ələt tirəsinin dərin qırılması, Gicəki dağ və Torəğay dağ regional qırılma və çatlarından keçir. On və on birinci zonalarda cənubdan Ələt tirəsinin dərin qırılması, şərqrədən isə Xırdaalan regional qırılma və çatları ilə müşayiət olunur. On ikinci zona geoloji qırılmalardan qismən aralıda keçsə də, burada Yer qabığının müasir hərəkətlərinin amplitudası müsbətdən mənfiyə dəyişir.

Ərazinin neotektonika xəritəsindən (şəkil 5) Yuxarı Samratdan sonrakı dövrdə tektonik hərəkətlərin amplitudası və istiqamətlərinin (qalxma-enmə) necə dəyişdiyi aydın görünür. OQB kəmərxinin keçdiyi birinci zonanın başlanğıcında qalxma hərəkətləri ikinci zonadan başlayaraq səkkizinci zona da daxil olmaqla, enmə hərəkətlərinə keçir, sonradan isə qalxma-enmə hərəkətləri növbəli şəkildə dəyişir. Araşdırmalar əsasında hadisələrin aktiv olduğu 2 və 8-ci zonalarda tektonik enmələr Yer qabığının çox dərin qatlarından gəlir, 10, 11 və 12 zonalarda enmə və qalxmaların növbələşdiyi görünür.

Tektonik rayonlaşma baxımından OQB kəmərxinin keçdiyi ərazi bütövlükdə cənubi Qafqaz mikropolitəsi üzərində yerləşmiş olsa da, yuxarıda qeyd edildiyi kimi, kəmərx çoxsaylı dərinlik və regional geoloji qırılmalarla kəşifir.



Şəkil 5. OGB kəmərinin keçdiyi ərazinin neotektonika xəritəsi

Qeyd edilənlərlə yanaşı, kəmərlər üzrə baş vermiş hadisələr sayı ilə YQMH amplitudaları arasında əlaqə tərəfimizdən tədqiq edilmişdir. Bu məqsədlə, OGB su təchizatı kəmərinin profili Yer qabığının müasir şaquli hərəkətləri xəritəsi üzərinə yerləşdirilmiş (şəkil 3) və zonalar üzrə YQMH amplitudasının orta qiymətləri təyin edilmişdir. Alınmış nəticələr cədvəl 1-də verilir. Bu cədvəldə hər iki göstəriciyə dair məlumatları tutuşdurduqda, onlar arasında korrelyasiya əlaqəsinin olduğu aydın şəkildə görünür. Onu da görmək çətin deyildir ki, çoxsaylı qəza hadisələri YQMH amplitudasının qiymətinin işarəcə dəyişdiyi (11 və 12-ci zonalar) və yaxud da böyük qiymətlərə malik olduğu zonalara (2, 8, 10-cu) təsadüf edir. Qeyd edilən faktlar bir daha magistral kəmərlərdə baş verən qəzaların əsas səbəblərindən birinin YQMH olduğuna sübutdur.

Geodinamik proseslərin magistral kəmərlərin, xüsusi halda OGB su təchizatı kəmərinin vəziyyətinə birbaşa təsiri ilə yanaşı, dolayı təsirləri də mövcuddur. Belə ki, geoloji qırılmalar YQMH-rin yaranmasına səbəb olmaqla yanaşı, onların mövcud olduğu ərazilərdə bütövlükdə Yerin təkli dayanıqlı deyil, parçalanmış, zəifləmiş, dərin və geniş hissələrə ayrılmış şəkildə olur. Ona görə də, belə ərazilərdə Yerin fiziki səthinin maksimal deformasiyaları, donuşluq və yaz-yay aylarında havaların istiləşməsi ilə torpağın üst qatının qalxması, eləcə də, bu proseslərin nəticəsi olaraq, kəmərlər ətrafında nəmişliyin artması kimi təbii və texnogen hadisələr baş verə bilər. Qeyd edilənlərdən başqa geoloji qırılma və çatların mövcud olduğu sahələrdə torpağın dərin qatlarına su sızmaları keçir və daxili tektonik bloklar arasında müvazinətlik zəifləyir. Bütün bu göstərilən faktorlar geodinamik proseslərin dolayı təsirlərinə aid edilsələr də, magistral kəmərlərin vəziyyətinə təsirsiz ötürümlər, xüsusilə də mürəkkəb relyef quruluşuna malik ərazilərdə kəmərlərin salınması zamanı artıq meydana çıxmış çətinlikləri bir daha artırmış olur. Belə ərazilərdə kəmərlərin işçi vəziyyətdə saxlanılması asan deyildir. Ona görə də, kəmərlər üzrə monitoring sisteminin yaradılması və mütləq qaydada fasiləsiz müşahidələrin aparılması vacibdir.

Tektonik və texnogen faktorlar nəzərə alınmaqla magistral su kəmərlərinin keçdiyi ərazilərdə, xüsusilə də tektonik çatların əhatə dairəsində geodeziya monitoring sisteminin yaradılması həlli vacib məsələlərdəndir. Qeyd etməliyik ki, bunun üçün su kəmərinin keçdiyi ərazilərdə qəzaların baş verməsi daha ehtimal olunan yerləri təhlil edilməli və həmin ərazilərdə xüsusi deformasiya markaları bərkitməklə poliqonlar yaradılmalı və təkrar geodeziya ölçmələri ilə (xətti-bucaq və nivelirləmə işlərindən) Yerin fiziki səthində baş verən dinamik proseslər haqqında məlumatlar toplanmalıdır [5].

Geodezik monitoring sisteminin yaradılmasında əsas məqsəd ərazidə baş verən təbii və texnogen mənşəli prosesləri aşkara çıxarmaq, müəyyən zaman intervalında onların inkişaf dinamikasını öyrənmək və təsərrüfat obyektlərinə, bizim halda isə magistral su xətlərinə təsiri haqqında məlumatları əldə etmək və qəzalara qarşı mühəndisi preventiv tədbirlər planı hazırlamaqdan ibarətdir. Digər tərəfdən, qəzalara çoxsaylı faktorlar təsir edir və onların hamısını tədqiq etmək təcürbi olaraq qeyri-mümkündür. Ona görə də, adətən bu faktorlardan əsasları müəyyənləşdirilməli və onlar üzrə müşahidələr aparılmalıdır. Kəmərlərə təsir edən qüvvələrdən hər

birinin ümumi cəm təsirdə payının təyin edilməsi, eləcə də bu qüvvələr arasında qarşılıqlı təsirlərin xarakteri və modullarının hesablanması müvafiq sahə mütəxəssislərinin də cəlb edilməsi ilə xüsusi tədqiqatların aparılmasını tələb edir.

### Nəticə

1. Texniki sistemlərin, xüsusi halda magistral su xətlərinin istismarı dövründə onların vəziyyətinin geoloji-geomorfoloji, geodinamiki, seysmoloji-tektonik, xüsusi olaraq geodezik-kartoqrafik cəhətdən kompleks monitorinqi aparılmalıdır.

2. Mümkün təbiət hadisələrinin təsiri ilə kəmərlərdə baş verən qəzalar öz növbəsində həmin ərazilərdə subasma, sürüşmə, torpaq eroziyası və s. təbiət hadisələrini aktivləşdirə bilər.

3. Magistral su xətlərində qəzalar çoxsaylı səbəblərdən baş verə bilər. Onların hamısını tədqiq etmək təcrübi olaraq qeyri-mümkündür. Ona görə də, hadisələrin statistikasına əsasən qəzalara təsir edən əsas faktorlar müəyyənləşdirilməli və onlara qarşı tədbirlər planı hazırlanmalıdır.

4. Təhlillər göstərdi ki, magistral su təchizatı kəmərlərində qəzaların əksəriyyəti geodinamik səbəblərdən baş verir, xüsusi halda OQB su təchizatı xəttində bu 81% təşkil edir.

### ƏDƏBİYYAT

1. Oğuz-Qəbələ-Bakı su kəməri layihəsi. Bakı, 2007.-55 səh.
2. Ç.Z.Qurbanov, R.A.Əliyev. Magistral boru kəmərlərində coğrafi informasiya sistemləri texnologiyalarından istifadə etməklə risk faktorlarının analizinin aparılması. Şollar-100: elmi-praktiki konfrans. 15-16 mart 2017 il, Bakı. səh.161-170.
3. Ç.Z.Qurbanov. Magistral su xətlərinin istismarı məqsədi ilə geodezik monitorinq sisteminin yaradılması məsələləri. Journal Of Qafqaz University - And Industrial Engineering 2014 Volume 2, Number 2, Pages 142-148.
4. Azərbaycan Respublikasının Milli atlası. Bakı, 2014.
5. Коровкин В.Н., Липский В.К., Шароглазова Г.А. и др. Геологические условия возникновения аварийности на магистральных трубопроводах // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. Полоцкий государственный университет. Полоцк, 2008. № 1.

### REFERENCES

1. Oguz-Qebele-Baki su kemberi layihəsi. Bakı, 2007.-55 seh.
2. Ch.Z.Qurbanov, R.A.Aliyev. Magistral boru kemerlerinde coğrafi informasiya sistemleri texnologiyalarından istifadə etməklə risk faktorlarının analizinin aparılması. Shollar-100: elmi-praktiki konfrans. 15-16 mart 2017 il, Bakı. səh. 161-170.
3. Ch.Z.Qurbanov. Magistral su xetlerinin istismarı meqsedi ile geodezik monitorinq sisteminin yaradılması meseleleri. Journal Of Qafqaz University - And Industrial Engineering 2014 Volume 2, Number 2, Pages 142-148.
4. Azerbaijan Respublikasının Milli atlası. Bakı, 2014.
5. Korovkin V.N., Lipskiy V.K., Sharoqlazova Q.A. i dr. Qeoloqicheskie usloviya vozniknoveniz avariynosti na maqistralnix truboprovodax// Avtomatizirovannie texnoloqii iziskaniy i proektirovaniya. Polotskiy qosudarstvenniy universitet. Polotsk, 2008. № 1/

### **ОЦЕНКА ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ВОДОПРОВОД ОГУЗ-ГАБАЛА-БАКУ**

**М.Г. Годжаманов, Ч.З. Курбанов**

*Как известно, после строительства гражданских и промышленных объектов крайне важно сохранение их в рабочем состоянии и во время эксплуатации. Магистральный водопровод Огуз-Габала-Баку проходит через районы со сложными физико-географическими, геолого-геоморфологическими и сейсмотектоническими условиями, и как следствие данной обстановки, постоянно подвергается воздействию природных условий и*

воздействий. С другой стороны, происходящее в системе водоснабжения может активизировать ряд естественных процессов, таких как скольжение, процессы эрозии и т.п. В связи с этим комплексное изучение взаимодействия природной среды с водопроводно-технической системой является весьма актуальной научно-практической задачей.

В представленной статье, в частности, исследуется и оценивается роль геодинамических процессов в возникновении аварий на магистральной линии водоснабжения Огуз-Габала-Баку.

**Ключевые слова:** магистральная линия водоснабжения, Огуз-Габала-Баку, аварии, геодинамические процессы, современные движения земной коры, мониторинг, сейсмический, тектонический.

### **EVALUATION OF GEODYNAMIC IMPACTS ON THE OGUZ-GABALA-BAKU WATER SUPPLY PIPELINE**

**M. H. Gojamanov, Ch. Z. Gurbanov**

As it turns out, after the construction of civil and industrial facilities, it is crucial that their work be safeguarded during their exploitation. The main water supply line of the Oguz-Gabala-Baku passes through areas with complex physical-geographical, geological-geomorphological, seismic-tectonic conditions, and as a consequence, is always exposed to these natural conditions and effects. On the other hand, the accidents happening of the water supply system can activate a number of natural processes, such as landslides, erosion processes, and so on. In this regard, a complex study of the interaction between the natural and environment technical system is a significant and actual scientific-practical issue.

The presented article examines and evaluates the impact of geodynamic processes, particularly in accidents on the water supply line Oguz-Gabala-Baku.

**Key words:** main water supply line, Oguz-Gabala-Baku, accidents, geodynamic processes, modern movements of the earth's crust, monitoring, seismic, tectonic.

#### **Müəlliflər haqqında məlumat**

<b>Soyadı, adı, atasının adı</b>	Qocamanov Məqsəd Hüseyn oğlu
<b>İş yeri</b>	Bakı Dövlət Universiteti
<b>Vəzifəsi</b>	Geodeziya və Kartoqrafiya kafedrasının müdiri, texnika elmləri doktoru, professor
<b>Maraq sahəsi</b>	Ali və kosmik geodeziya, Geodinamika, GPS və kadastr planalmaları, CİS
<b>E-mail</b>	mgodja@yandex.ru
<b>Əlaqə telefonu</b>	(+994) 50 559 89 09

<b>Soyadı, adı, atasının adı</b>	Qurbanov Çingiz Ziyadxan oğlu
<b>İş yeri</b>	“Azərsu” ASC, “Sukanal” Elmi-Tədqiqat və Layihə Institutu
<b>Vəzifəsi</b>	Bakı Dövlət Universitetinin “Geodeziya və kartoqrafiya” kafedrasının doktorantı
<b>Maraq sahəsi</b>	Tətbiqi geodeziya, CİS, GPS peyk texnologiyaları
<b>E-mail</b>	<a href="mailto:chgurbanov@mail.ru">chgurbanov@mail.ru</a>
<b>Əlaqə telefonu</b>	(+994) 50 263 00 23

**Rəyçi: t.e.d., prof. A.N. Bədəlova**



UOT 341.2; 341.231.14

DOI 10.34826/NAA.2020.21.4.11

**MÜSTƏQİL DÖVLƏTLƏR BİRLİYİ ÖLKƏLƏRİNDƏ SOSIAL TƏMİNAT  
QANUNVERİCİLİYİ HAQQINDA****E.F. Baxşəliyev**

AMEA İnsan Haqları və Hüquq İnstitutu

*Məqalədə Müstəqil Dövlətlər Birliyinə daxil olan milli respublikalarda sosial təminat probleminə aid qanunlardan bəhs edilir. Bildirilir ki, MDB respublikalarında problemin həlli ilə bağlı çox işlər görülmüşdür. Lakin hər bir ölkədə bu sahədə vəziyyətin heç də həmişə qanəedici vəziyyətdə olmadığı da göstərilir. Qeyd edilir ki, sosial təminat qanunvericiliyi ilə bağlı əhali arasında təbliğat işlərinin görülməsi olduqca vacibdir. Göstərilir ki, Azərbaycan Respublikasında sosial təminat qanunvericiliyi cəmiyyətdəki yüksək sosial-iqtisadi inkişaf səviyyəsinə uyğun gəlir. Respublikada əhalinin, hətta hər bir vətəndaşın sosial təminatı məsələləri qabaqcıl dünya təcrübəsinə əsaslanaraq, ən operativ formada həyata keçirilir. Hüquqi ədəbiyyatlarda bu problemin müxtəlif məsələlərinə aid qanunlar ətraflı şərh edilmişdir.*

*Açar sözlər:* təminat, qanun, müavinət, uşaq, ailə, yaş, program, fərq, prinsip, ölkə.

**Aktuallıq.** Bu gün dünya dövlətlərinin demək olar ki, əksəriyyətində gündəlik müzakirələrin aparıldığı, daim diqqət mərkəzində olan sosial və hüquqi siyasətlə bağlı məsələlərdən biri də sosial təminat və əhalinin sosial müdafiəsi problemi.

Sosial təminat dedikdə dövlətin bütün idarəçilik strukturlarının, yerli özünüidarə orqanlarının və iş adamlarının birgə fəaliyyətinin və bunun konkret nəticəsi kimi əhalinin normal həyat şəraitini təmin edəcək tədbirlər kompleksinin icrası nəzərdə tutulur. Sosial təminat əsas insan hüquqlarından biri kimi, insanların yoxsulluq vəziyyətinin yaxşılaşdırılmasına yönəlmiş tədbirlər və proqramların məcmusu olaraq təyin olunur. Sosial müdafiəyə uşaq, ailə, analıq müavinətləri, istehsalatda qəzalarla bağlı xəsarətlər, xəstəlik, qocalıq, əlilliklə bağlı müavinətlər, pulsuz tibbi yardım aiddir. Sosial təminat hüququnun sistemi dedikdə, onun daxilində hüquq normalarının elmi şəkildə əsaslandırılmış düzülüşü başa düşülür. Sosial təminat hüququnun normalarını ümumi və xüsusi hissədə qruplaşdırmaq olar. Sosial təminat hüququnun ümumi hissəsinə hüquqi tənzimləmənin prinsip və vəzifələrini, sosial təminat sahəsində əsas hüquqları ifadə edən normalar daxildir. Xüsusi hissəyə təminatın ayrı-ayrı növlərinin təyin edilməsini müəyyən edən normalar daxildir. Normaların bu qrupları hüquq sahəsinin institutlarını yaradır. Sosial təminat hüququnun sistemi tənzimlənən ictimai münasibətlərin spesifikliyinə uyğun olaraq müəyyən ardıcılıqla yerləşmiş, bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqədə olan institutların və normaların məcmusunu ifadə edir.

[https://az.wikipedia.org/wiki/Sosial\\_t%C9%99minat\\_h%C3%BCquq](https://az.wikipedia.org/wiki/Sosial_t%C9%99minat_h%C3%BCquq)

Sosial müdafiə cəmiyyətdə davamlı inkişafın, sosial ədalətin təmin edilməsində əsas rol oynayır. Sosial müdafiə siyasəti insanların yoxsulluq həddini azaltmağa yönəlmiş inkişaf strategiyasının vacib elementidir.

Dünya praktikasında, hüquqi ədəbiyyatlarda bu məsələlərə diqqət, problemin qanunvericilik bazasının təkmilləşdirilməsi zəruri və normal qəbul olunur.

Müstəqil Dövlətlər Birliyinə daxil olan milli respublikalarda bu problemə aid artıq qəbul olunmuş qanunlar və görülmüş kompleks işlər müəyyən maraq doğurur.

Qeyd etmək lazımdır ki, bu gün MDB-yə daxil olan 12 milli respublikada sosial-iqtisadi inkişaf səviyyəsindən asılı olaraq, əhalinin sosial müdafiəsi imkanları müəyyən edilir. Bu onu göstərir ki, hər bir dövlətdə, cəmiyyətdə vətəndaşların sosial təminatın vəziyyəti ilk növbədə maddi imkanlar və ölkədəki hakimiyyətin apardığı sosial siyasətin xarakterindən asılıdır.



**İşin məqsədi.** Məqalədə əsasən ayrı-ayrı dövlətlərdə, o cümlədən Azərbaycan Respublikasında sosial təminat qanunlarının əhalinin sosial müdafiəsi ilə bağlı məsələləri, həmçinin bu sahədə hakimiyyətlə vətəndaşlar arasındakı münasibətlərin necə tənzimlənməsi xüsusiyyətlərini araşdırmağa diqqət yetirilmişdir. Eyni zamanda vətəndaşların öz sosial problemlərinin həllində dövlətdən kömək gözləməsi ilə bağlı məsələlər də tədqiq edilmişdir. Bu zaman hər bir ölkədə sosial yardımın nə vaxt, hansı hallarda və formalarda göstərilməsi ilə bağlı konkret sahəvi qanunlar müqayisəli şəkildə tədqiq edilmişdir.

MDB respublikalarının hər birinin sosial təminat qanunvericiliyinin məzmununa və işlək mexanizminə irad bildirmədən ümumilikdə, bu qanunlara öləri də olsa nəzər salmaqla onların müsbət tərəflərini müəyyən etməyə və onları Azərbaycan Respublikasının müvafiq qanunvericilik bazası ilə də müqayisə etməyə çalışmışıq.

MDB üzvləri olan milli respublikalarda bu problemin həlli ilə bağlı kifayət qədər işlər görüldüyünü və müvafiq qanunvericilik bazasının mövcud olmasını etiraf etməklə bərabər [14,s.73], həm də hər bir ölkədə bu sahədə vəziyyətin heç də eyni olmadığı qeyd edilməlidir.

MDB ölkələrində sosial təminat qanunlarının şərhinin verildiyi bir sıra kitablar, dərsliklər və monoqrafiyalar mövcuddur [10-13;15;18]. Bu sahənin aktual problemlərinə aid dissertasiyalar və digər tədqiqat işləri kifayət qədərdir [8]. Rusiya Federasiyası elmi yaradıcı işlərin miqyası baxımından lider mövqedədir.

Hal-hazırda Rusiya Federasiyası və digər keçmiş ittifaq respublikalarında bu sahəyə aid bir sıra qanunlar qəbul edilmiş, digər tərəfdən mövcud qanunvericilik bazası ilbəl təkmilləşdirilmişdir. Sosial təminat qanunlarının əhatə və tətbiq sahəsi özlüyündə olduqca genişdir. Vətəndaşların sosial müdafiəsi və təminatı, sosial təminatın standartları və kateqoriyaları, bu qanunların tətbiqi istiqamətləri və digər vacib məsələlərdən bəhs edilməsi onların məzmun və mahiyyətini müəyyən edən ən əsas istiqamətlərdir.

Vətəndaşların sosial müdafiəsi qanunlarının sahələri və əhatə imkanları geniş olmaqla yanaşı həm də müxtəlif əhali kateqoriyalarına aid olması imkanları baxımından da fərqlidir.

İlk olaraq, MDB-ə üzv ölkələrin sosial təminat qanunlarının həm məzmununda, həm də onlara yanaşma tərzində aydın görünən fərqlərin səbəblərini göstərmək istərdik. Bu səbəblər sözsüz ki, çox ola bilər. Lakin hesab edirik ki, bunlardan ən əsası keçmiş ittifaqın buraxılmasından keçən təxminən 30 illik bir müddətdə hər bir dövlətin sosial-iqtisadi inkişafı, müxtəlif sahələrdə qazanılmış nailiyyətlər, həmçinin mövcud inkişaf səviyyəsi və dövlətin, əhalinin maddi rifahının yaxşılaşdırmaq imkanları ilə əlaqədardır.

Sosial təminat qanunvericiliyinin məzmunu və əhatə sahələri müxtəlif olduğu kimi MDB ölkələrini təmsil edən hüquqşünasların sosial təminat məsələlərinə yanaşma tərzini, bu sahə ilə bağlı qanunvericilik aktları və digər sənədlərin prinsiplərinə münasibətlərinin də, fərqli olduğunu göstərmək olar.

Rusiya Federasiyası və Qazaxıstan Respublikasının qanunvericilik bazasında sosial təminat qanunlarının qəbulu ilə yanaşı, bu qanunların işlək icra mexanizmlərinin hazırlandığını da, xüsusi qeyd etmək yerinə düşərdi.

Qazaxıstan Respublikasında hüquqi ədəbiyyatlarda belə bir mövqə hakimdir ki, sosial təminat dedikdə əmək stajından və fəaliyyətinin nəticələrindən asılı olmayaraq cəmiyyətdə maddi nemətlərin və digər imkanların vətəndaşlar arasında bölünməsi başa düşülməlidir [18].

Belorusiya, Tacikistan və daha bir neçə respublikaların qanunvericiliyində sosial təminat hüququnun bazası, sosial təminat qanunlarının tətbiqi sahələrinin səviyyəsinin göstərilməsi o qədər də qənaətbəxş səviyyədə deyildir.

Belorusiyalı hüquqşünasların fikrincə sosial təminat hüququ alimentar xarakter daşıyır. Belə ki, adətən qəbul olunduğu kimi maddi nemətlərin və imkanların müxtəlif məqsədlərə təyinatı deyil, onların bölünməsinin hüquqi formaları nəzərdə tutulur [13,s.14-16].

XXI əsrin əvvəllərindən başlayaraq, milli hüquq sahələrindən olan sosial təminat qanunvericiliyinin də dünya praktikasında kifayət qədər fəaliyyət tarixi olan, mövcud qanunvericilik bazasının məzmununa uyğunlaşdırılması prosesinin güclənməsi özünü açıq şəkildə büruzə verir. Bu zaman qeyd etdiyimiz kimi, bu sahə ilə bağlı artıq formalaşmış və möhkəmlənmiş yanaşma formaları və prinsiplial mühakimələrlə bərabər yeni başlayan milli dövlət quruculuğunun başlıca xüsusiyyətlərinə uyğunlaşdırılan, mövcud sosial-iqtisadi inkişaf səviyyəsini göstərən qanunlar da qəbul olunaraq əhalinin sosial müdafiəsi məsələlərinin həllinə yönəlmişdir.

Faktlara müraciət edək. Qazaxıstan Respublikasında sosial təminat qanunvericiliyi ümumi, xüsusi və əlavələr bölməsinə ayrılır [18].

Digər MDB respublikaları qanunvericiliyində də, demək olar ki, buna yaxın mövqelər təkrarlanır [10;11]. Lakin bəzi respublikalarda bu sahəyə aid qanunvericiliyin bölmələrində bəzi məsələlərin və məqamların şərhində oxşarlıq, o cümlədən əmək təqaüdü, xəstəliyə, əlilliyə, işsizliyə görə və digər hallarda müəyyən olunmuş müavinətlərə aid qanunvericilik aktlarının adları çəkilən üç bölmədən hansına aid edilməsi və bəzi məsələlərin şərhində mücərrəd hallar müşahidə edilir.

Rusiya Federasiyası, Qazaxıstan Respublikası qanunvericiliyində məsələlərin qoyuluşu, onların məzmunu ətraflı təhlil edilir [10;17]. Lakin Tacikistan, Qırğızıstan, Türkmənistan respublikalarının qanunvericiliyində [9;10;17] çox vaxt ümumi müddəaların şərhinə üstünlük verildiyi görünür.

Ukraynada sosial təminat qanunvericiliyində bütün problemlərin həll edildiyini, bütün qanunların artıq tam şəkildə qəbul edildiyini söyləyə bilməsək də, amma nəticələrin qənaətbəxş olduğunu etiraf etməliyik. Ölkədə sosial təminat qanunvericiliyinin əksər istiqamətlərində artıq formalaşmış, YEtkin baxış və münasibətlərin olduğu, qanunvericiliyin ümumi sahə ilə bağlı məsələlərin şərhində səmərəli müddəaların çoxluğu aydın görünür [15,s.7].

Belə ki, Ukrayna qanunvericiliyinə görə sahə qanunları və onun əsas istiqamətləri geniş şərh edilir. Respublikanın əksər hüquqşünasları sosial təminat qanunvericiliyinin ümumi sahəsindəki istiqamətləri aşağıdakı kimi göstərilir:

1) sosial təminat qanunlarının predmeti və əhatə dairəsi; 2) dövlət sosial təminat standartları və onların təminatı; 3) sosial risklər; 4) sosial prinsiplər; 5) icbari dövlət sığortası; 6) sosial təminat hüququnun reallaşdırılması [16].

Qeyd etməliyik ki, Rusiya Federasiyası, Ukrayna və Qazaxıstan Respublikalarında sosial təminat qanunlarının belə sahələrə ayrılması məsələsində ciddi fərqlər müşahidə edilmir. Fərq yalnız istiqamətlərin ümumi sayı ilə bağlıdır. Məsələn, Ukrayna qanunvericiliyində, eləcə də hüquqi ədəbiyyatlarda verilmiş istiqamətlərin sayı Rusiya ilə müqayisədə bir qədər azdır, ya da adları başqadır.

Ukrayna Respublikasında hüquqi ədəbiyyatlarda sosial təminat qanunvericiliyinin bölmələrinin təsnifatında xüsusi bir dəyişiklik müşahidə edilməsə də, xüsusi bölməyə sığorta və qeyri-sığorta müavinəti, sosial yardım və sosial xidmət kimi 3 yeni sahə əlavə edilmişdir. Bu isə o deməkdir ki, bəhs edilən qanunvericilikdə bu sahənin məzmununun genişlənməsi digər bölmələrin dəyişməz qaldığı halda baş vermişdir. Digər tərəfdən, tibbi yardım, dövlət sosial yardımı, istehsalatda bədbəxt hadisələrdən zərər çəkmiş insanlara sosial yardım və digər xidmətlər xüsusi hissəyə daxil edilməmişdir

Qeyd etmək lazımdır ki, bəzi fərqli xüsusiyyətlərinə baxmayaraq, MDB-ə üzv olan ölkələrin əksəriyyətində sosial təminat qanunvericiliyində, onun prinsip və kateqoriyalarında elə ciddi fərqlər müşahidə edilməmişdir. Lakin Rusiya Federasiyası və Qazaxıstan Respublikası qanunvericiliyindəki Ümumi və Xüsusi bölmələr özləri də bir neçə YErə bölünürlər [10;17].

Ümumiyyətlə, qeyd etməliyik ki, MDB-ə üzv olan ölkələrin əksəriyyətində sosial təminat qanunvericiliyi insanların daha çox müraciət etdiyi, məlumatlandırılmasının zəruri olduğu

məsələdir. Buna görə də, sosial təminat qanunları ilə bağlı əhali arasında təbliğat işlərinin görülməsi olduqca vacibdir.

MDB ölkələrinin sosial təminat qanunvericiliyində ən işlək və ən çox müraciət edilən sahə əmək pensiyası haqqında qanundur. Sonrakı HYERlərdə uşaqlı ailələrə yardım, əlillik pensiyası məsələləri dayanır. Sosial təminat qanunvericiliyində əmək təqaüdlərinin təyini, eyni zamanda əksər respublikaların qanunvericiliyində bu məsələlərdə ümumi cəhətlərin çox olması ilə diqqəti cəlb edir. Bu məsələlər fərqlər olsa da, onlar yalnız təqaüdlərin təyin olunması üçün yaş həddi müxtəlifliyi ilə bağlıdır. Bu qanunların məzmununda bir neçə ikinci dərəcəli və ya prinsipial olmayan fərqli halların olduğunu da görürük.

Sosial təminat qanunvericiliyində daha çox fərqlərin olduğu sahələrdən biri də, ailədə yeni doğulan uşaqlara görə təyin edilən birdəfəlik müavinət məsələsidir.

Belorusiya Respublikasında yeni doğulan ilk uşağa görə yaşayış minimumunun 5 misli miqdarında birdəfəlik müavinət təyin olunur. Ailədə ikinci və bundan sonrakı uşaqların doğulması zamanı göstərilən yardım yaşayış minimumunun 7 misli qədər müəyyən edilir. Respublikada 3 yaşından yuxarı uşaqlara görə göstərilən yardımın müəyyənləşdirilməsi zamanı ailənin aylıq gəlirlərinin miqdarı əsas götürülür [14].

Qazaxıstan Respublikasında da vəziyyət bir qədər fərqlidir. Belə ki, ölkə qanunvericiliyinə görə, yeni doğulan körpə üçün təyin edilən müavinətin miqdarı Belorusiya, Ukrayna və Mərkəzi Asiya Respublikalarında olduğundan yuxarı olmaqla bərabər, bu yardım ailədə hər yeni uşağın doğulması ilə proporsional olaraq artır [18].

Özbəkistan Respublikası qanunvericiliyində isə uşaqlı ailələrə yardımın forma və miqdarı ərazi inzibati idarəçilik vahidlərinin hər birində fəaliyyət göstərən şuraların iclaslarında müəyyənləşdirilir [18]. Göstərilən yardım hər bir ailədəki uşaqların sayından asılı olaraq, bir uşaq üçün minimum əmək haqqının 50 %-i, 2 uşaq üçün 100 %, 3 və daha çox uşaq üçün 140 % miqdarında müəyyən edilir.

Eyni qanunlar Rusiya Federasiyası, Qırğızıstan, Tacikistan və digər respublikalarda da mövcuddur [8;9;16]. Bu qanunların fərqli cəhətləri müavinətlərin miqdarının müəyyənləşdirilməsi, miqdarı və ödənilməsi formalarında. Bu baxımdan, ən yüksək göstərici Rusiya Federasiyasına, ən aşağı göstəricilər isə Mərkəzi Asiya respublikalarına aiddir.

Son illərdə tək regionda deyil, eyni zamanda keçmiş ittifaq məkanında öz inkişaf göstəriciləri ilə öndə gedən Azərbaycan Respublikasının bu baxımdan fərqli vəziyyətdə olması şübhəsiz qəbul edilmiş reallıq olmaqla bərabər, həm də bu sahə ilə bağlı qanunvericilik bazasının daim təkmilləşdirilməsi və əhalinin sosial müdafiəsinin səviyyəsinin durmadan yaxşılaşmasıdır.

Azərbaycan Respublikasında sosial təminat qanunvericiliyindəki bütün bölmələr məzmunu, kateqoriya və standartlarının dolğunluğu ilə diqqəti daha çox cəlb edir [2]. Dövlət müstəqilliyinin bərpasından sonra, ölkə rəhbərliyi əhalinin sosial təminatı ilə bağlı bütün məsələləri daim diqqət mərkəzində saxlamış və bu sahə ilə bağlı mövcud qanunvericilik bazası hər il təkmilləşdirilmişdir.

Sosial təminat hüququ Azərbaycan Respublikası Konstitusiyasının 38-ci maddəsində əks olunmuşdur [1]. Sosial təminat dövlətin sosial funksiyası ilə birbaşa bağlıdır. Bu hüquq onu ifadə edir ki, özünü saxlamaq qabiliyyətindən məhrum olmuş, yaxud başqalarına nisbətən cəmiyyətdə daha çox sosial müdafiəyə ehtiyacı olan şəxsin öz yaşayışını təmin etmək üçün dövlətdən müəyyən məbləğ əldə etmək hüququ vardır. Bu zaman hər bir şəxsə əvəzsiz olaraq müəyyən məbləğdə pul vəsaitinin verilməsi və ya digər güzəştlər edilə bilər.

Dövlət büdcəsinə yığılan və sosial məqsədlər üçün ayrılan pul vəsaiti sosial təminata xərclənir. Bu hüquq dövlətin iqtisadi inkişafından asılı olduğundan hər dövlətdə fərqli xarakter daşıyır. Qanunda göstərilir ki, hər kəsin sosial təminat hüququ vardır, amma bununla belə, ilk növbədə onun ailə üzvləri sözügedən şəxsə yardım etməlidir.

Sosial təminat vəsaitlərinin toplandığı qurum Dövlət Sosial Müdafiə Fondudur. O, aztəminatlı ailələrin sosial təminatlarla maliyyələşdirilməsi ilə məşğul olur. Dövlət sosial sığorta sistemi dünyanın bir çox ölkələrində mövcuddur. Sosial təminatlar pensiya, müavinət formasında müntəzəm olaraq qanunda göstərilmiş vaxtda ödənilməlidir. Aşağıda qeyd olunan hallar sosial təminat hüququnu müəyyən edir:

- qanunla müəyyən edilmiş yaş həddinə çatmaq;
- xəstəlik;
- əlillik;
- ailə başçısını itirmək;
- əmək qabiliyyətini itirmək;
- işsizlik.

Azərbaycan Respublikasında sosial təminat qanunvericiliyi kifayət qədər formalaşmış cəmiyyətdəki yüksək sosial-iqtisadi inkişaf səviyyəsinə uyğun gəlir. Respublikada əhalinin, hətta hər bir vətəndaşın sosial təminatı məsələləri qabaqcıl dünya təcrübəsinə əsaslanaraq, ən operativ formada həyata keçirilir. Hüquqi ədəbiyyatlarda bu problemin müxtəlif məsələlərinə aid qanunlar ətraflı şərh edilmişdir [3;4;6;7].

Sosial təminat qanunvericiliyi bölmələrində yeni şöbələrin əlavə edildiyinin və onların geniş şərhinin şahidi oluruq. Təkcə onu qeyd etmək kifayət edir ki, Azərbaycan Respublikasında sosial təminat qanunu qəbil edildiyi 2006-cı ildən bu günə kimi ona 60-dan çox əlavə düzəlişlər edilmiş, hətta qanun öz bir sıra yeni şöbələrlə zənginləşdirilmişdir [2;8]. Yeni şöbələrdən ən işlək və demək olar ki, hər il yenilənən və təkmilləşən qaçqın və məcburi köçkünlərin sosial təminatı qanunvericiliyi nisbətən yeni olsa da, bura yönələn dövlət vəsaitinin çoxluğu diqqəti cəlb edir.

Müharibə şəraitində olan bir ölkə olmağımıza baxmayaraq, 2020-ci il maliyyə ili də daxil olmaqla, hər il dövlət büdcəsində sosial xərclər üçün nəzərdə tutulmuş bölmə genişlənməmişdir.

Prezident İlham Əliyevin 2019-cu il 18 iyun tarixli Sərəncamına əsasən ölkədə yeni qanunvericilik təşəbbüsü kimi əmək pensiyasının minimum məbləğinin 25 faiz artırılaraq cari il oktyabrın 1-dən 160 manatdan 200 manata çatdırılması təmin edilmişdir [5]. Bu artım 660 min pensiyaçının əhatə edilməsi deməkdir. Bu, o, deməkdir ki, ölkədə minimum əməkhaqqının, həmçinin müxtəlif sahələrdə çalışanların əmək haqlarının və minimum pensiyanın artırılması iki milyondan çox vətəndaşın əmək haqqı və pensiyasında ciddi artıma imkan vermişdir.

### Nəticə

MDB respublikalarının sosial təminat qanunvericiliyi ilə bağlı apardığımız araşdırmalar bizə əsas və mühüm olan məsələləri müəyyən etməkdə yardımçı oldu. Qeyd edilməlidir ki, sosial-iqtisadi baxımdan dünyada inkişaf etməkdə olan ölkələr kateqoriyasına daxil edilən respublikaların əksəriyyətində bu sahədə qanunvericiliyin məzmununu inkişaf etmiş ölkələrlə müqayisədə əksər parametrlər baxımından geri qalmaqdadır. Bunun səbəbi anlaşılandır.

İnkişaf baxımından keçmiş ittifaqda mərkəzin büdcəsindən əlavə vəsaitlər alan respublikaların cəmi 20-30 illik müstəqillik dövründə Rusiya Federasiyası, Azərbaycan Respublikası kimi sosial-iqtisadi inkişaf səviyyəsinə görə öndə gedən milli dövlətlərin səviyyəsinə yaxınlaşması və ya çatması qeyri-real ola bilər. Çünki dövlətin öz vətəndaşlarının qayğısına qalması, onun maddi rifahının yaxşılaşdırılması üçün addımlar atması, o cümlədən sosial təminat məsələlərini uğurla həll etməsi onda baş tutur ki, onun kifayət qədər formalaşmış, yaxud zəngin iqtisadi potensialı və maddi imkanları olmuş olsun. Sosial təminat qanunları da yalnız cəmiyyətin iqtisadi inkişaf səviyyəsindən irəli gələn, ondan bəhrələnən rəsmi qanunvericilik sənədidir.

Eyni zamanda həm Rusiya Federasiyası, həm də Azərbaycan və Qazaxıstan Respublikalarının sosial təminat qanunvericiliyində qabaqcıl dünya təcrübəsinə və standartlarına uyğunlaşdırılmalı müəyyən məqamların və sahələrin olması da məlum olmuşdur.

Həmçinin məlum olmuşdur ki, MDB respublikalarının aralarında sosial təminat qanunvericiliyi sahəsində əməkdaşlıq formaları, bunu şərtləndirən ikitərəfli müqavilələr, təcrübə



mübadilələri ya zəif təşkil edilmişdir, ya da yox dərəcəsindədir. Halbuki, bu məsələ aktuallığı və səmərəliliyi baxımından beynəlxalq təcrübədə özünü doğrultmuşdur.

Bu məsələ ilə bağlı tədqiqatın yekunu olaraq qeyd etmək olar ki, sosial təminat qanunvericiliyi və əhalinin sosial müdafiəsinin təşkili baxımından Azərbaycan Respublikası MDB, hətta Avropa miqyasında ön mövqelərdən birində olmaqla, bu sahəyə diqqət dövlətin sosial iqtisadi siyasətində prioritet istiqamətlərdən birini təşkil edir.

### **ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО СОЦИАЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В РЕСПУБЛИКАХ СНГ**

**Э.Ф. Бахшалиев**

*В статье анализируются законы о социальном обеспечении, принятые в национальных республиках Содружества Независимых Государств. Указывается, что в этих Государствах проделана определённая работа по решению рассматриваемых проблем.*

*Однако, ситуация в этой области не во всех странах и не всегда удовлетворительная. Отмечается важность проведения пропагандистских мероприятий по вопросам законодательства социальных обеспечений. Отмечается также, что законодательство по социальному обеспечению Азербайджанской Республики отражает уровень социально-экономического развития в обществе. В республике вопросы социального обеспечения населения, каждого гражданина решаются оперативно и на основе международной практики. На основе анализа различных вопросов, рассматриваемых в юридической литературе, даны всесторонние комментарии соответствующих законов.*

**Ключевые слова:** обеспечение, закон, пособие, дети, семья, возраст, принцип, разница, страна.

### **SOCIAL SECURITY LEGISLATION IN CIS COUNTRIES**

**E.F. Bakhshaliyev**

*The article deals with the laws of the social security of the national republics of the Commonwealth of Independent States. It is stated that in order to solve this problem many works have been carried out in the republics of the CIS. But the situation in this area is not all countries and is not always satisfactory. The importance of awareness-raising activities on social security legislation is noted. States that the law on social security of the Republic of Azerbaijan reflects the level of social and economic development in society. In the Republic, issues of social security for the population and every citizen are resolved promptly and on the basis of international practice. The literature on State legislation details the various issues of the problem.*

**Keywords:** provision, law, allowance, children, family, age, principle, difference, country

### **ƏDƏBİYYAT**

1. Azərbaycan Respublikasının Konstitusiyası-Bakı, "Hüquq yayımı evi"-2018.
2. Azərbaycan Respublikası Prezidentinin "Azərbaycan Respublikasının Əmək və Əhalinin Sosial Müdafiəsi Nazirliyi yanında Dövlət Sosial Müdafiə Fondu haqda Əsasnamədə dəyişikliklər barədə» 2016-cı il 24 iyun tarixli Fərmanı. <http://www.huquqiaktlar.gov.az> Statem ent Details.aspx? statem entld=40881.
3. Əliyev M.N. Sosial təminat hüququnun mənbələri kimi beynəlxalq hüquqi aktların ümumi xarakteristikası Beynəlxalq hüquq və İntegrasiya problemləri. №1. Bakı. 2006. s.28-30
4. Əliyev M.N. Sosial təminat hüququ. Adil oğlu. Bakı. 2007. 460 c.
5. İki milyondan çox vətəndaşı əhatə edən sərəncamlar.
6. <https://banco.az-az/news/iki-milyondan-cox-vetendasi-ehate-eden-serencamlar>.
7. Mürşüdoğru Ü. I. Sosial müavinət və təqaüdlərin hüquqi tənziimi. Avropa. Bakı. 2013.
8. Sadıqov Ə.İ. Beynəlxalq iqtisadi hüquq. Bakı Universiteti. Bakı. 2008. 396 c.
9. Sosial muavinətlər haqqında Azərbaycan Respublikasının 2006-cı il 7 fevral tarixli Qanunu. <http://www.e-qanun.az> fram evvork-11508
10. Abdurahmanova Mukadamhon Zokirhonovna. Osobennosti razvitiya i modernizacii sistemi



- socialnoy zashhiti naseleniya v nacionalnoy ekonomike Tadzhikistana(dissertaciya). Hudzhand. 2018. 168 s.
11. Kodzhomuratova Rasiya Nazarbekovna. Asanakunova Qulzhan Bukarbaevna. Socialnaya zashhita naseleniya v Kirqizstane. Izvestiya Kirqizskoqo qosudarstvennoqo tehlicheskoqo universiteta. № 1 (37). 2016. s.400406.
  12. Pashkova Q.Q. Pravo socialnoqo obespecheniya. Izdatelskiy Dom Tomskoqo qosudarstvennoqo universiteta. Tomsk. 2018. 160 s.
  13. Pilipenko P.D., Burak V.Ya. Pravo socialnoqo abezpechennya. Vidavnichiy Dim In Jure.2006. 496 s.
  14. Postovalova T.A. Pravo socialnoqo obespecheniya Respubliki Belarus. Peresvet. Minsk. 2013. 654 s
  15. Pravo socialnoqo obespecheniya. V 2 chastyah.Chast 1. Obshhaya chast. Gr.GU im. Ya.Kupali. Qrodno. 2011. 418 s.
  16. Romanov A.A. Nekotorye aspekti pensionnoqo obespecheniya v stranah SNG Pensiya. 2006. № 11. s. 71-80.
  17. Sirota I.M. Pravo socialnoqo obespecheniya v Ukraine. Odissey.Odessa. 2000. 436 s.
  18. Sistema socialnoi zashitiy naseleniya Turkmenistana. <http://infoabad.comobschestv'o-i-ekonomika-sistema-socialnoi-zashitiy-naseleniya-turkmenistana.html>
  19. Socialnoe obespechenie v Respublike Kazahstan. [https://studme.org/307192/pravo/sotsialnoe\\_obespechenie\\_respublike\\_kazahstan](https://studme.org/307192/pravo/sotsialnoe_obespechenie_respublike_kazahstan)
  20. Usmanova M. Sattarova G. Pravo socialnoqo obespecheniya Respubliki Uzbekistan. Tashkentskiy Gosudarstvenniy yuridicheskiy universitet. 2016. 305 s.

## **REFERENCES**

1. Azərbaycan Respublikasının Konstitusiyası-Bakı, “Huquq yayımı evi”-2018
2. Azərbaycan Respublikası Prezidentinin “Azərbaycan Respublikasının Emək və Ehalinin Sosial Müdafiəsi Nazirliyi yanında Dövlət Sosial Müdafiə Fondu haqda Əsasnamədə dəyişikliklər barədə» 2016-cı il 24 iyun tarixli Fərmanı. <http://www.huquqiaktlar.gov.az> Statem ent Details.aspx? statem entId=40881.
3. Aliyev M.N. Sosial təminat hüququnun mənbələri kimi beynəlxalq hüquqi aktların ümumi xarakteristikası Beynəlxalq hüquq və inteqrasiya problemləri. №1. Bakı. 2006. s.28-30.
4. Aliyev M.N. Sosial təminat hüququ. Adil oqlu. Bakı. 2007. 460 c.
5. İki milyondan çox vətəndaşı ehatə edən sərəncamlar. <https://banco.az-'az/news/iki-milyondan-cox-vetendasi-ehate-eden-serencamlar>.
6. Mürşudov U.İ. Sosial müavinət və təqaüdlərin hüquqi tənzihi. Avropa. Bakı. 2013.
7. Sadiqov E.İ. Beynəlxalq iqtisadi hüquq. Bakı Universiteti. Bakı. 2008. 396 c.
8. Sosial müavinətlər haqqında Azərbaycan Respublikasının 2006-cı il 7 fevral tarixli Qanunu.
9. <http://www.e-qanun.az> fram evvork-11508.
10. Abdurahmanova Mukadamhön Zokirhonovna. Osobennosti razvitiya i modernizatsii sistemi socialnoy zashhiti naseleniya v nacionalnoy ekonomike Tadzhikistana(dissertaciya). Hudzhand. 2018. 168 s.
11. Kodzhomuratova Rasiya Nazarbekovna. Asanakunova Qulzhan Bukarbaevna. Socialnaya zashhita naseleniya v Kirqizstane. Izvestiya Kirqizskoqo qosudarstvennoqo tehlicheskoqo universiteta. № 1 (37). 2016. s.400406.
12. Pashkova Q.Q. Pravo socialnoqo obespecheniya. Izdatelskiy Dom Tomskoqo qosudarstvennoqo universiteta. Tomsk. 2018. 160 s.
13. Pilipenko P.D., Burak V.Ya. Pravo socialnoqo abezpechennya. Vidavnichiy Dim In Jure.2006. 496 s.
14. Postovalova T.A. Pravo socialnoqo obespecheniya Respubliki Belarus. Peresvet. Minsk. 2013. 654 s.
15. Pravo socialnoqo obespecheniya. V 2 chastyah.Chast 1. Obshhaya chast. Gr.GU im. Ya.Kupali. Qrodno. 2011. 418 s.

16. Romanov A.A. Nekotorye aspekti pensionnoqo obespecheniya v stranah SNG Pensiya. 2006. № 11. s. 71-80.
17. Sirota I.M. Pravo socialnoqo obespecheniya v Ukraine. Odissey.Odessa. 2000. 436 s.
18. Sistema socialnoi zashitiy naseleniya Turkmenistana. <http://infoabad.comobschestv'o-i-ekonomika-sistema-socialnoi-zashitiy-naseleniya-turkmenistana.html>
19. Socialnoe obespechenie v Respublike Kazahstan.  
[https://studme.org/307192/pravo/sotsialnoe\\_obespechenie\\_respublike\\_kazahstan](https://studme.org/307192/pravo/sotsialnoe_obespechenie_respublike_kazahstan)
20. Usmanova M.Sattarova Q.Pravo socialnogo obespecheniya Respubliki Uzbekistan. Tashkentskiy Qosudarstvennyi juridicheskiy universitet. 2016. 305 s.

**Müəllif haqqında məlumat**

<b>Soyadı, adı, atasının adı</b>	Baxşəliyev Eynulla Fazil oğlu
<b>İş yeri</b>	AMEA İnsan Haqları və Hüquq İnstitutu
<b>Vəzifəsi</b>	Elmi işçi, disertant
<b>Maraq sahəsi</b>	müasir beynəlxalq münasibətlər
<b>E-mail</b>	<a href="mailto:eynullabashaliev@mail.ru">eynullabashaliev@mail.ru</a>
<b>Əlaqə telefonu</b>	(+994) 70 386 86 86

*Rəyçi: h.f.d., dos. S.Y. Qasimov*

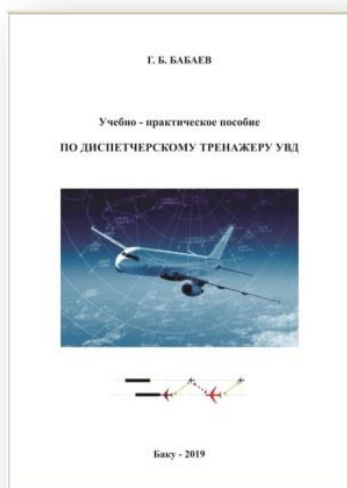
**“Mülki Aviasiya” redaksiyasında nəşr olunmuş yeni kitablar**

**Rasim Nəsim oğlu Nəbiyev,  
Valeriy Zeynətdinoviç Sultanov,**

**Hüseyn Baba oğlu Babayev**

**Çoxölçülü modelləşdirmə əsasında aeronaviqasiya təminatı. MAA, Monoqrafiya, Bakı, 2019.- 215 səh.**

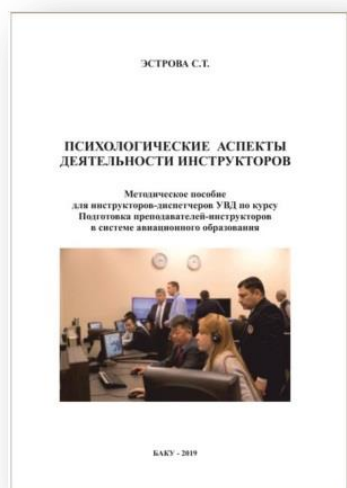
Monoqrafiyada çoxölçülü modelləşdirmə əsasında aeronaviqasiya təminatının (ANT) metodoloji əsaslarına və mühəndis-texniki heyət üçün trenajorun işlənməsi ilə bağlı məsələlərə baxılmışdır. ANT üzrə mühəndis-texniki heyət üçün trenajor hazırlığının olmadığı üçün bu proseslərin əsasını təşkil edən radioinformasiya sahələrinin (RİS) vizuallaşdırılması əsas götürülmüş, üçölçülü və dördölçülü mühitdə trenajor hazırlığının prinsipləri müəyyənləşdirilmişdir. ANT proseslərində məsuliyyət dərəcəsi yüksək olan mərhələ kimi şaquli və üfüqi müstəvilərdə təyyarənin enməyə daxil olması və enməsi zamanı RİS modelləşdirilmişdir.



**Г.Б. Бабаев**

**Учебно-практическое пособие  
по диспетчерскому тренажеру УВД  
Баку, Центр Полиграфии Национальной Академии  
Авиации, 2019. – 188 стр.**

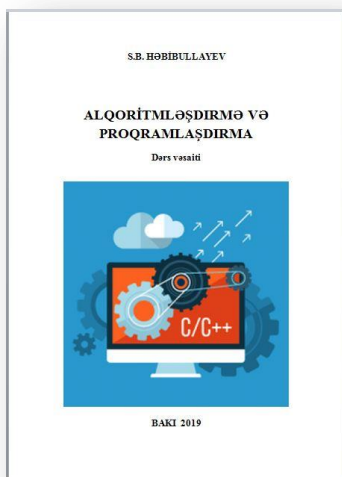
Учебно-практическое пособие разработано в соответствии с требованиями диспетчерского тренажерного комплекса "Аэротехника" по управлению воздушным движением (УВД) и регламентирующих документов и учебной программе по практической подготовке диспетчера УВД.



**С.Т. Эстрова**

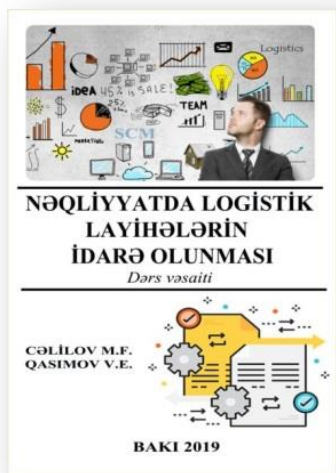
**Психологические аспекты деятельности инструкторов  
Методическое пособие. Баку, 2019. - 88 стр.**

Пособие предназначено для диспетчеров УВД, обучающихся деятельности диспетчера – инструктора. В нем раскрыты основные психолого-педагогические нюансы деятельности инструкторского состава диспетчеров УВД. Также даются рекомендации по управлению профессиональной подготовкой диспетчеров УВД, по освоению методов и приемов оперативного изучения личности обучаемых, а также методов оказания психолого-педагогического влияния на обучаемых и приемов индивидуализации их подготовки.



**S.B. Həbibullayev**  
**Alqoritmləşdirmə və proqramlaşdırma.**  
**Dərs vəsaiti. MAA, Bakı, 2019, 254 səh.**

Dərs vəsaiti alqoritmləşdirmənin əsaslarına və proqramlaşdırmağa həsr olunub. Vəsaitdə alqoritm və onun əsas xassələri, təsvir üsulları, əsas alqoritmik strukturlar və alqoritm qiyətləndirilməsi verilib. Dərs vəsaitində proqramlaşdırmanın öyrənilməsi üçün hal-hazırda çox geniş yayılan C++ dilindən istifadə olunub.



**Cəlilov M. F., Qasımov V.E.**  
**Nəqliyyatda logistik layihələrin idarə olunması**  
**Dərs vəsaiti. MAA, Bakı, 2019, 89 səh.**

Firmanın logistik menecmenti idarəetmə prosesində sət maddi və maliyyə resurslarının, xüsusilə də bu məsələlərin həllində elmi və praktiki yanaşma kimi layihələrin idarə edilməsinin tətbiqi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Logistik layihələrin idarə edilməsinin tətbiqi qısa vaxt ərzində logistika sistemlərinin layihələndirilməsi və formalaşmasının mürəkkəb kompleks məsələlərinin həllini gündəmə gətirir.



**N.M. İsmayilov, S.Q. Allahverdiyeva**  
**Keyfiyyətə nəzarət və diaqnostika cihazları. Dərslik.**  
**Bakı, MAA, 2019, 348 səh.**

Dərslik 050624 – Cihazqayırma mühəndisliyi, 050616 – Uçuş mühəndisliyi, 051614 – Aviasiya texnikası avadanlıqlarının istismarı mühəndisliyi və 050632 – Aerokosmik informasiya sistemləri ixtisasları üzrə bakalavr pilləsində təhsil alan tələbələr üçün nəzərdə tutulmuşdur. Ondən həmçinin magistrantlar, doktorantlar, müəllimlər və mühəndis-texniki işçilər də istifadə edə bilərlər.

*MÜNDƏRİCAT**AVİASIYA ELEKTRONİKASI*

1.  $A^{IV}B^{VI}$  yarımkəçirici nanotəbəqələrində yüksək deformasiyaların və mükəmməllik dərəcələrinin kombinasiyası  
A.M. Paşayev, O.I. Davaraşvili, M.I. Enuqaşvili, Z.G. Axvlediani, L.P. Bıçkova, R.G. Qulyayev, M.A. Dzaqaniya, V.P. Zlomanov..... 3
2. Kiçikölçülü istismar yaddaş qurğusu  
N.Ə. Pənahov, N.N. Kəlbəliyev..... 10

*AVİASIYA TEXNİKASI*

3. Enerji mənbəyi qismində hidrogenin xüsusiyyətlərinin təhlili  
R.N. Nəbiyev, A.A. Abdullayev, Q.İ. Qarayev..... 16

*AVİASIYA TƏHLÜKƏSİZLİYİ*

4. Məsafədən idarə edilən inteqrasiya olunmuş mühafizə-xəbərdarlıq sisteminin tətbiqi imkanları  
R.R. Rüstəmov..... 31
5. Aviasiya təhlükəsizliyi məsələlərində terahers spektroskopiyadan istifadə  
T.N. Vəzirova..... 40

*MATERIALSÜNASLIQ*

6. 2[3(4)-metilsikloheksen-3-il-izopropil]-4-xlorfenolların morfolinlə aminometilləşmə reaksiyaları  
S.T. Şahmuradov..... 46
7. Para-tsikloalkilfenolların nano-katalitik sistemdə sirkə turşusu ilə qarşılıqlı təsir reaksiyalarının bəzi xüsusiyyətləri  
G.Z. Heydərlı, M.V. Nağıyeva, Ş.Ə. Nuriyev, Ç.Q. Rəsulov ..... 51
8. Üçkomponentli kondensləşmə reaksiyaları əsasında tetrahidropirimidinionların sintez edilməsi  
N.M. Nəzərov, S.S. Babayev..... 59



*ƏTRAF MÜHİTİN QORUNMASI*

9. Atmosferin aerosol çirklənmələrinin məsafədən zondlama məlumatları əsasında qiymətləndirilməsi  
X.S. Xəlilova..... 65
10. Oğuz-Qəbələ-Bakı su təchizatı kəmərinə geodinamik təsirlərin qiymətləndirilməsi  
M.H. Qocamanov, Ç.Z. Qurbanov..... 71

*İQTİSADİYYAT, MENECMENT VƏ HÜQUQ*

11. Müstəqil dövlətlər birliyi ölkələrində sosial təminat qanunvericiliyi haqqında  
E.F. Baxşəliyev..... 80

*СОДЕРЖАНИЕ**АВИАЦИОННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА*

1. Сочетание высоких деформаций и степени совершенства в нанослоях полупроводников  $A^{IV}B^{VI}$   
А.М. Пашаев, О.И. Даварашвили, М.И. Енукашвили, З.Г. Ахвледиани, Л.П. Бычкова, Р.Г. Гуляев, М.А. Дзаганя, В.П. Зломанов..... 3
2. Малогабаритный эксплуатационный накопитель  
Н.А. Панахов, Н.Н. Калбиев ..... 10

*АВИАЦИОННАЯ ТЕХНИКА*

3. Анализ особенностей водорода в качестве источника энергии  
Р.Н. Набиев, А.А. Абдуллаев, Г.И. Гараев..... 16

*АВИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ*

4. Возможности интегрированной дистанционной системы охранной сигнализации  
Р.Р. Рустамов ..... 31
5. Использование терагерцовой спектроскопии в авиационной безопасности  
Т.Н. Везирова..... 40

*МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ*

6. Реакции аминометилирования 2[3(4)-метилциклогексен-3-ил-изопропил]-4-хлорфенолов морфолином  
С.Т. Шахмурадов..... 46
7. Некоторые особенности реакций взаимодействия пара-циклоалкилфенолов с уксусной кислотой в нано-каталитической системе  
Г.З. Гейдарли, М.В. Нагиева, Ш.А. Нуриев, Ч.К. Расулов..... 51
8. Синтез тетрагидропиримидинтионатов на основании трехкомпонентных реакций конденсирования  
Н.М. Назаров, С.С. Бабаев..... 59

*ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ*

9. Оценка аэрозольных загрязнений в атмосфере на основе данных дистанционного зондирования  
Х.С. Халилова..... 65
10. Оценка геодинамических воздействий на водопровод  
Огуз-Габала-Баку  
М.Г. Годжаманов, Ч.З. Курбанов..... 71

*ЭКОНОМИКА, МЕНЕДЖМЕНТ И ПРАВО*

11. Законодательство социального обеспечения в республиках СНГ  
Э.Ф. Бахшалиев..... 80

**«ELMI MƏCMUƏLƏR» jurnalına məqalələrin təqdim olunma qaydaları**

Məqalələr Azərbaycan, rus və ingilis dillərində qəbul olunur. Hər bir məqaləyə Azərbaycan, rus və ingilis dillərində xülasə və açar sözlər verilməlidir. Çapa təqdim olunan məqalələr A4 formatda, 12 ölçülü şriftlə (cədvəllər, şəkildə və şəkilaltı yazılar 11 ölçülü şriftlə), ağ kağızda bir intervalla çap olunmalıdır. Boşluqlar: vərəqin sol kənarından 3 sm., sağdan 1 sm., yuxarıdan 2 sm., aşağıdan 2 sm. olmalıdır. Məqalənin həcmi: orijinal məqalələr üçün 10, icmal məqalələr üçün 15 səhifədən artıq olmamalıdır. Məqalələr 2 nüsxədə çap və WIN. WORD formatda elektron variantda təqdim olunmalıdır. Əlyazmalar müəlliflərə qaytarılmır. Digər təşkilatlardan olan müəlliflərin məqalələri onların işlədiyi təşkilatın məktubu ilə birlikdə təqdim olunmalıdır.

Məqalələrə müsbət rəy verildikdən sonra redaksiya heyətinin qərarı ilə çap olunur.

1. Hər bir məqalə onun UOT-u və ya PACS-1, DOI-si, adı, müəlliflərinin A.A. Soyadları, elektron ünvanları, təşkilatın adı, məqalənin yazıldığı dildə bir intervalla çap olunmalı, qısa annotasiya və açar sözlərlə başlanmalıdır.

2. Ədəbiyyata istinad (Referens):

- ədəbiyyata istinad məqalədə rast gəlinəni ardıcılıqla işlənməlidir.

Sitat gətirmə qaydası:

- dövrü jurnallardakı məqalələr: müəlliflərin A.A. Soyadları, məqalənin adı, dövrü jurnalın adı, çap olunma ili, cildi, nömrəsi, səhifə nömrəsi;

- konfrans materialları və tezislər: müəlliflərin A.A. Soyadları, konfrans materialları və ya tezinin adı konfransın adı, keçirildiyi YEr və il, çap materialının cildi, nömrəsi və səhifələri;

- kitablar: müəlliflərin soyadları, kitabın adı, çap olunduğu nəşriyyat, il və YEr, səhifələrin sayı, təkrar istinadlarda isə səhifə nömrəsi verilir.

Referens - ədəbiyyatın orijinal dilfə ingilis əlifbası ilə verilmiş variantlıdır

3. Annotasiya.

Annotasiya digər iki dildə 8 sətirdən az olmayaraq, ayrıca vərəqdə çap olunmalıdır.

4. Açar sözlər.

Azərbaycan, rus və ingilis dillərində 8-10 söz.

5. Rəsmlər və şəkillər.

Rəsmlər və şəkillər yazıları və izahatları ilə ayrıca təqdim olunmalıdır. Ölçülər: 6 sm X 6 sm-dan az və 23sm X 16 sm-dan çox olmayaraq. Qrafiklərin koordinat oxları minimum rəqəm tərkibli olmalıdır. Koordinat oxlarının adları çox aydın yazılmalıdır. Qrafiklərdəki hər bir xətt nömrələnmiş və izahlı şəkildə olan yazılarla verilməlidir.

6. Cədvəllər.

Cədvəllər ayrıca vərəqdə çap olunmalıdır. Onlar nömrələnməli və başlıqla verilməlidir.

7. Məqalənin sonunda müəlliflər haqqında məlumat verilir: adı, soyadı və atasının adı; elmi dərəcəsi və adı; elektron ünvanı; iş YEr-i və ünvanı; işin icra olunduğu şöbə, laboratoriya və ya kafedra; maraq dairəsi.

**Verilmiş tələblərə uyğun gəlməyən məqalələrə baxılmayacaqdır!!!**

## Правила оформления статей в журнале «ELMI MƏCMUƏLƏR»

Статьи принимаются на азербайджанском, русском или английском языках. В каждой статье должна быть представлена аннотация и ключевые слова на азербайджанском, русском и английском языках. Представляемые к публикации статьи должны быть напечатаны через один интервал на белой бумаге формата А4, размер шрифта 12 (табл., рис. и надписи к рисункам размером шрифта 11) Отступы: слева от края листа 3 см., справа 1 см., сверху 2 см., снизу 2 см. Объем статей: для оригинальных не более 10 страниц, для обзорных не более 15 стр. Статьи представляются в 2-х распечатанных экземплярах и электронном варианте, набранные в формате WIN. WORD. Рукописи статей не возвращаются авторам. Для авторов из других организаций статьи сопровождаются письмом и актом экспертизы из той организации, где они работают. Статьи рецензируются. После получения положительной рецензии по решению Редакционного Совета статья публикуется.

1. Каждая статья начинается с УДК или PACS, DOI, названия, И.О. фамилии авторов, электронного адреса, названия организации и краткой аннотации на языке статьи и ключевых слов.

2. Ссылки на литературу (Referens):

- ссылки на литературу должны следовать в том порядке, в котором они появляются в статье.

Порядок цитирования:

- статьи в периодических журналах: И.О. фамилии авторов, название статьи, название периодического журнала,

год публикации, номера тома и страниц;

- материалы конференций и тезисы: И.О. фамилии авторов, название материала конференции или тезиса, название конференции, место и год проведения, том печатного материала, номер и страницы.

- книги: И.О. фамилии авторов, название книги, издательство, дата и место, количество страниц, при повторной ссылке даётся также номер страницы.

Referens- вариант оригинала литературы на языке материала латинским шрифтом.

3. Аннотация.

Аннотация печатается на двух других языках на отдельном листе объёмом не менее 8 строк.

4. Ключевые слова.

На азербайджанском, русском и английском языках объёмом 8-10 слов.

5. Рисунки и фотографии.

Рисунки и фотографии с надписями и разъяснениями прилагаются отдельно. Размеры: не менее 6x6 см и не более 23x16 см. Координатные оси графиков должны содержать минимум чисел. Названия координатных осей должны быть написаны очень ясно. Каждая линия в графиках должна быть пронумерована и объяснение должно быть дано в подписях к рисункам.

6. Таблицы.

Таблицы должны быть пронумерованы, озаглавлены и напечатаны на отдельном листе.

7. В конце статьи дается информация об авторах: имя, фамилия и отчество; научный степень и звания; электронный адрес; места работы и адрес; отдел, лаборатория или кафедра, где выполнено работа; область научных интересов.

**Статьи, не соответствующие данным требованиям, не рассматриваются!!!**



“Elmi məcmuələr” jurnalının  
redaksiyası heyəti tərəfindən  
nəşrə hazırlanmış və çapına icazə  
verilmişdir

“Elmi məcmuələr” jurnalını  
«Azərbaycan Hava Yolları»  
Qapalı Səhmdar Cəmiyyəti  
Milli Aviasiya Akademiyasının  
Poliqrafiya Mərkəzində çap olunmuşdur.  
Tirajı 100 nüsxə.

Журнал «Elmi məcmuələr» отпечатан  
в Центре полиграфии  
Национальной Академии Авиации  
Закрытого Акционерного Общества  
«Азербайджан Хава Йоллары».  
Тираж 100 экз.