



AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA ELMİN İNKİŞAFI FONDU

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondu
və Rusiya Fundamental Tədqiqatlar Fondunun
1-ci Azərbaycan-Rusiya birgə beynəlxalq qrant
müsabiqəsinin (EIF-BGM-4-RFTF-1/2017) qalibi olmuş
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə

YEKUN ELMİ-TEXNİKİ HESABAT

Layihənin adı: **Misin mürəkkəb xalkogenidləri ortatemperaturlu termoelektrik materialları kimi: sintezdən və faza tarazlıqlarından "tərkib-quruluş-xassə" əlaqəsinə doğru**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Babanlı Məhəmməd Baba oğlu**

Qrantın məbləği: **81 400 manat**

Layihənin nömrəsi: **EIF-BGM-4-RFTF-1/2017-21/11/4-M-12**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **17 avqust 2020-ci il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **18 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 sentyabr 2020-ci il - 01 mart 2022-ci il**

Diqqət! Bütün məlumatlar 12 ölçülü Arial şrifti ilə, 1 intervalla doldurulmalıdır

Diqqət! Uyğun məlumat olmadığı təqdirdə müvafiq bölmə boş buraxılır

Hesabatda aşağıdakı məsələlər işıqlandırılmalıdır:

1 Layihənin həyata keçirilməsi üzrə yerinə yetirilmiş işlər, istifadə olunmuş üsul və yanaşmalar

Hesabat dövrünün (**18 ay-6 rüb**) **beş** rübündə alınmış nəticələr əvvəlki rüblük və aralıq illik hesabatlarda geniş təqdim olunmuşdur. Qısa şəkildə həmin nəticələr aşağıdakılardan ibarətdir:

I rüb:

DSK və EHQ üsulları ilə tədqiqatlar aparmaq üçün Cu-Ge-S , Cu-Ge-Se, Cu₂S-GeS₂-SnS₂ və Cu₂Se-GeSe₂-SnSe₂ sistemlərdə əmələ gələn üçlü birləşmələr, onlar əsasında bərk məhlullar və bir sıra heterogen xəlitələr sintez olunmuşdur. Sintez olunmuş üçlü birləşmələr nümunələri DSK üsulu ilə tədqiq olunmuş, onların ərimə istilikləri və ərimə entropiyaları təyin olunmuşdur. Cu₈GeS₆, Cu₈GeSe₆, Cu₈SiS₆ və Cu₈SiSe₆ birləşmələri üçün isə həm də polimorf çevrilmə termodinamik funksiyaları təyin edilmişdir. Yuxarıda göstərilən sistemlər üzrə alınmış heterogen qarışıqlar əsasında elektrokimyəvi dövrlər üçün elektrod materialları hazırlanmış, mis elektroduna nəzərən qatılıq dövrləri tərtib olunmuş, onların EHQ-si 300-450 K temperatur intervalında ölçülmüşdür. Ölçmələrini nəticələri əsasında xəlitələrdə misin nisbi parsial molyar

funksiyaları, üçlü birləşmələrin standart əmələgəlmə termodinamik funksiyaları və standart entropiyaları hesablanmışdır.

II rüb:

Cu-Ge-S , Cu-Ge-Se, Cu₂S-GeS₂-SnS₂ və Cu₂Se-GeSe₂-SnSe₂ sistemlərinin faza tarazlıqlarına və termodinamik xassələrinə aid əvvəlki mərhələlərdə alınmış nəticələr əsasında bu sistemlərdə əmələ gələn üçlü birləşmələr və onlar əsasında verilmiş tərkibli bərk məhlulların monokristallarının alınması üçün ilkin maye fazaların tərkibləri müəyyən edilmişdir. Bricmen-Stokbarger üsulu ilə monokristal yetişdirilməsi üçün qurğu yığılmış və zonaların temperaturlarına görə dərəcələnməmişdir. Cu₈GeS₆, Cu₈GeSe₆, Cu₂GeS₃ və Cu₂GeSe₃ birləşmələrinin və onlar əsasında bir sıra bərk məhlulların monokristalları yetişdirilmiş, onların birfazalılığı və monokristallığı Laue üsulu ilə təsdiq edilmişdir.

III rüb:

Misin stibiumla sulfid və selenidləri əsasında ekoloji təhlükəsiz termoelektrik materiallarının axtarışı və sintezinin elmi əsaslarının yaradılması məqsədilə Cu₂S-Sb₂S₃-S , Cu₂Se-Sb₂Se₃-Se və 3Cu₂S+Sb₂Se₃↔3Cu₂Se+Sb₂S₃ sistemlərdə faza tarazlıqlarına aid yeni nəticələr alınmışdır. Həmin sistemlərdə müvafiq təbii mineralların sintetik analoqları olan CuSbS₂, Cu₃SbS₃, Cu₃SbS₄, Cu₁₂Sb₄S₁₃, Cu₁₄Sb₄S₁₃, CuSbSe₂, Cu₃SbSe₃, Cu₃SbSe₄, üçlü birləşmələri və onlar əsasında əvəzolunma bərk məhlullarının əmələgəlməsi müəyyən edilmişdir.

Ovuntu difraktoqramları əsasında, alınmış birləşmə və bərk məhlulların kristal qəfəs tipləri və parametrləri təyin edilmişdir. Tədqiq edilən sistemlərin T-x-y faza diaqramlarının və onların bəzi stabil kəsiklərinin termodinamik analizi və 3D-modelləşdirilməsi həyata keçirilmişdir. Bu nəticələr kompleksi aşkar edilən yeni birləşmələrin və bərk məhlulların istiqamətli sintezinin və mükəmməl kristallar halında alınma metodikaların işlənməsi üçün elmi əsasdır və layihə üzrə tədqiqatların növbəti mərhələlərində istifadə edilmişdir. Alınan yeni birləşmə və bərk məhlulların seçilmiş tərkibli nümunələri fərdi şəkildə sintez edilmiş, onlardan fiziki və termodinamik tədqiqatlar aparmaq üçün nümunələr hazırlanmışdır.

IV rüb:

Cu₂S-Sb₂S₃-S, Cu₂Se-Sb₂Se₃-Se üçlü və 3Cu₂S+Sb₂Se₃↔3Cu₂Se+Sb₂S₃ qarşılıqlı sistemlərin əvvəlki mərhələdə qurulmuş faza diaqramlarına əsaslanmaqla DSK və EHQ üsulları ilə termodinamik tədqiqatlar aparmaq üçün faza diaqramlarında öz əksini tapmış üçlü birləşmələr, onlar əsasında seçilmiş tərkibli bərk məhlullar və bir sıra heterogen xəlitələr sintez olunmuşdur. Sintez olunmuş nümunələrin fərdilikləri və ya faza tərkibləri DTA, RFA və SEM üsulları ilə təsdiq edilmişdir.

Sintez olunmuş CuSbS₂, Cu₃SbS₃, Cu₃SbS₄, Cu₁₂Sb₄S₁₃, Cu₁₄Sb₄S₁₃, CuSbSe₂, Cu₃SbSe₃, Cu₃SbSe₄ üçlü birləşmələrin nümunələri DSK üsulu ilə tədqiq olunmuş, onların ərimə (və ya peritektik parçalanma) istilikləri və entropiyaları təyin olunmuşdur.

Yuxarıda göstərilən sistemlərin bir sıra faza sahələrindən götürülmüş nümunələr əsasında elektrokimyəvi qatılıq dövrləri üçün sağ elektrod materialları hazırlanmış, mis elektroduna nəzərən qatılıq dövrləri tərtib olunmuşdur. Bu dövrlərdə elektrolit olaraq təmiz Cu⁺ keçiriciliyinə malik Cu₄RbCl₂I₃ superion keçiricisi götürülmüşdür. Tərtib olunmuş dövrlərin EHQ-si 300-450 K temperatur intervalında ölçülmüşdür. Nəticələr xüsusi kompüter proqramı vasitəsilə ən kiçik kvadratlar üsulu ilə işlənməmiş və EHQ-nin temperaturdan asılılıq xətti tənlikləri alınmışdır. Həmin tənliklərdən misin xəlitələrdə nisbi parsial molyar funksiyaları hesablanmışdır. Faza diaqramlarından istifadə etməklə hər bir üçlü birləşmə üçün potensialəmələgətirici reaksiyaların tənlikləri tərtib edilmiş, onlar əsasında üçlü birləşmələrin standart əmələgəlmə termodinamik funksiyaları və standart entropiyaları hesablanmışdır.

Alınmış yeni termodinamik məlumatlar layihə üzrə tədqiqatların sonrakı mərhələlərində müvafiq birləşmə və fazaların monokristallarının yetişdirilməsi üçün metodikaların işlənməsində istifadə ediləcəkdir.

V rüb:

Misin xalkostibnitləri əsasında, xüsusəndə tetraedrit və famatinit minerallarının sintetik analoqları əsasında yeni əvəz olunma bərk məhlulları almaq məqsədilə müasir fiziki-kimyəvi tədqiqat metodlarından istifadə etməklə $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_3\text{S}_{13}$ - $\text{Cu}_{12}\text{As}_3\text{S}_{13}$, $\text{Cu}_3\text{SbS}_4\text{-GeS}_2$, $\text{Cu}_3\text{SbSe}_4\text{-GeSe}_2$, $\text{Cu}_3\text{SbS}_4\text{-SnS}_2$, $\text{Cu}_3\text{SbSe}_4\text{-SnSe}_2$ sistemlərində faza tarazlıqları öyrənilmişdir. Tədqiqatlar apmaq üçün nümunələr müvafiq birləşmələrin müxtəlif nisbətlərdə vakuumlaşdırılmış kvarts ampulalarda birgə əridilməsi ilə sintez edilmişdir. İlk DTA nəticələri əsasında solidus temperaturları müəyyən edilmiş və onlardan 30-50 ° aşağı temperaturlarda nümunələr uzun müddətli (500-800 saat) termiki emaldan keçirilmişlər. Sonra müxtəlif üsullarla bu sistemlərdə üçlü birləşmələr əsasında həllolma sahələri təyin edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_3\text{S}_{13}$ - $\text{Cu}_{12}\text{As}_3\text{S}_{13}$ sistemində fasiləsiz, digər tədqiq olunan sistemlərdə isə geniş bərk məhlul sahələri əmələ gəlir. Bərk məhlulların seçilmiş nümunələrinin Bricment-Stokbarqer üsulu ilə istiqamətli kristallaşdırılması həyata keçirilmiş və onların keyfiyyətli iri monokristalları yetişdirilmişdir.

VI rüb:

Layihə üzrə aparılan təcrübi tədqiqatlar nəticəsində Cu-Ge-S, Cu-Ge-Se, Cu-Sb-S, Cu-Sb-Se üçlü sistemlərinin faza diaqramlarının yeni ədəbiyyat məlumatlarından bir qədər fərqli variantları qurulmuş, bu sistemlərdə Cu_8GeS_6 , Cu_8GeSe_6 , Cu_2GeS_3 , Cu_2GeSe_3 , CuSbS_2 , Cu_3SbS_3 , Cu_3SbS_4 , $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$, $\text{Cu}_{14}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$, CuSbSe_2 , Cu_3SbSe_3 , Cu_3SbSe_4 tərkibli birləşmələrin əmələgəlməsi müəyyən edilmişdir. Bütün bu birləşmələrin əmələgəlmə xarakteri, ilkin kristallaşma və homogenlik sahələri müəyyən edilmişdir. Cu-Ge-S (Se) sistemlərində əmələgən birləşmələr eyni tiplidir. Cu-Sb-S (Se) sistemlərində isə kimyəvi birləşmələrdən üçü hər iki sistemdə mövcuddur. Tetraedrit mineralının iki müxtəlif stexiometrik tərkibinin ($\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$, $\text{Cu}_{14}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$) mövcudluğu təsdiq edilmiş və onların ayrı-ayrı fərdi fazalar olması sübut edilmişdir.

Tədqiq edilən sistemlərdə aşkar olunmuş bütün birləşmələr, o cümlədən müvafiq təbii mineralların sintetik analoqları yeni ekoloji təhlükəsiz termoelektrik materialların alınması üçün mühüm baza maddələridir. Bu maddələr əsasında yeni dəyişən tərkibli fazalar alınması məqsədilə işdə bir sıra kvaziüçlü ($\text{Cu}_2\text{S-GeS}_2\text{-SnS}_2$ və $\text{Cu}_2\text{Se-GeSe}_2\text{-SnSe}_2$) və qarşılıqlı ($3\text{Cu}_2\text{S}+\text{Sb}_2\text{Se}_3\leftrightarrow 3\text{Cu}_2\text{Se}+\text{Sb}_2\text{S}_3$) sistemlər, həmçinin müvafiq çoxkomponentli sistemlərin bir sıra politermik kəsikləri ($\text{Cu}_{12}\text{Sb}_3\text{S}_{13}\text{-Cu}_{12}\text{As}_3\text{S}_{13}$, $\text{Cu}_3\text{SbS}_4\text{-GeS}_2$, $\text{Cu}_3\text{SbSe}_4\text{-GeSe}_2$, $\text{Cu}_3\text{SbS}_4\text{-SnS}_2$, $\text{Cu}_3\text{SbSe}_4\text{-SnSe}_2$) kompleks tədqiq edilmiş, onlarda fiziki-kimyəvi qarşılıqlı təsir xarakteri müəyyən olunmuşdur. Göstərilmişdir ki, bu sistemlərin əksəriyyəti geniş və ya fasiləsiz əvəz olunma bərk məhlullarının əmələgəlməsi ilə xarakterizə olunurlar.

Aşkar edilmiş bütün üçlü birləşmələrin və bərk məhlulların bir çox nümunələrinin termodinamik xassələri iki üsulla (EHQ və DSK) ətraflı tədqiq olunmuş və onların fundamental xarakteristikaları olan standart parsial və inteqral termodinamik funksiyaları təyin olunmuşdur. Alınmış yeni kəmiyyətlər həmin fazaların fundamental xassələri kimi müstəqil əhəmiyyət kəsb etməklə yanaşı, istiqamətli sintez metodlarının işlənməsi üçün istifadə edilə bilər.

Sintez olunmuş bərk məhlulların seçilmiş tərkibləri mono- və polikristallik külçələr halında alınmış, onların bircinsliliyi təsdiq olunmuş və fiziki ölçmələr üçün Rusiyadan olan tədqiqat qrupuna təqdim olunmuşdur. Fiziki ölçmələrin ilkin nəticələri həmin nümunələrin bir çoxunun müvafiq fərdi birləşmələrə nisbətən daha yüksək termoelektrik göstəricilərinə malik olmasını göstərir. Bu nəticələrin bir qismi layihənin başa çatdığı vaxtdan sonrakı dövrdə yüksək reytingli jurnallarda dərc olunacaqdır.

Alınmış yeni nəticələr kompleksləri qeyd edilən sistemlərdə faza əmələgəlmənin, faza tarazlıqlarının bir sıra xüsusiyyətlərini aşkar etməyə imkan vermişdir ki, bu da oxşar sistemlərdə yeni fazaların əmələgəlməsini proqnozlaşdırmağa və bu sahədə gələcək tədqiqatları daha da optimal və rəşional planlaşdırmağa elmi əsasdır.

2	Layihənin həyata keçirilməsi üzrə planda nəzərdə tutulmuş işlərin yerinə yetirilmə dərəcəsi (faizlə qiymətləndirməli)
3	<p>Hesabat dövründə alınmış elmi nəticələr (onların yenilik dərəcəsi, elmi və təcrübi əhəmiyyəti, nəticələrin istifadəsi və tətbiqi mümkün olan sahələr aydın şəkildə göstərilməlidir)</p> <p>Hesabat dövründə alınmış ən mühüm elmi nəticələr aşağıdakılardır.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cu-Ge-S, Cu-Ge-Se, Cu-Sb-S, Cu-Sb-Se üçlü sistemlərinin faza diaqramlarının yeni təkmilləşmiş variantları təqdim edilmiş, bu sistemlərdə bir sıra üçlü birləşmələrin əmələgəlməsi müəyyən edilmiş, onların əmələgəlmə xarakteri, ilkin kristallaşma və homogenlik sahələri müəyyən edilmişdir. - İlk dəfə olaraq fiziki-kimyəvi üsulları kompleksi ilə bir sıra kvaziüçlü ($\text{Cu}_2\text{S-GeS}_2\text{-SnS}_2$ və $\text{Cu}_2\text{Se-GeSe}_2\text{-SnSe}_2$) və qarşılıqlı ($3\text{Cu}_2\text{S}+\text{Sb}_2\text{Se}_3\leftrightarrow 3\text{Cu}_2\text{Se}+\text{Sb}_2\text{S}_3$) sistemlər, həmçinin oxşar sistemlərin bir sıra politermik kəsikləri ($\text{Cu}_{12}\text{Sb}_3\text{S}_{13}\text{-Cu}_{12}\text{As}_3\text{S}_{13}$, $\text{Cu}_3\text{SbS}_4\text{-GeS}_2$, $\text{Cu}_3\text{SbSe}_4\text{-GeSe}_2$, $\text{Cu}_3\text{SbS}_4\text{-SnS}_2$, $\text{Cu}_3\text{SbSe}_4\text{-SnSe}_2$) öyrənilmiş və onlarda geniş və ya fasiləsiz əvəz olunma bərk məhlulları aşkar edilmişdir. - DSK və EHQ üsulları ilə tədqiq olunan sistemlərdə əmələ gələn üçlü birləşmələrin ərimə və polimorf çevrilmə istilikləri və entropiyaları, həmçinin onların standart inteqral termodinamik funksiyaları ilk dəfə olaraq təyin olunmuşdur. - Bricmen-Stokbarger üsulu ilə $\text{Cu}_2\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x\text{S}_3$ və $\text{Cu}_2\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Se}_3$ ($x=0.2; 0.4; 0.6$) bərk məhlullarının, habelə $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_3\text{S}_{13}\text{-Cu}_{12}\text{As}_3\text{S}_{13}$, $\text{Cu}_3\text{SbS}_4\text{-GeS}_2$, $\text{Cu}_3\text{SbSe}_4\text{-GeSe}_2$, $\text{Cu}_3\text{SbS}_4\text{-SnS}_2$, $\text{Cu}_3\text{SbSe}_4\text{-SnSe}_2$ sistemlərində üçlü birləşmələr əsasında bərk məhlulların monokristalları ilk dəfə olaraq yetişdirilmişdir. Bu materialların bir çoxu funksional xassələrin tədqiqi üçün Moskva Dövlət Universitetindən olan tərəfdaşlarımıza göndərilmişdir. - Layihədə üzrə aparılan tədqiqatlar nəticəsində alınan əksər materiallar və elmi nəticələr yenidir. Onlar misin mürəkkəb tərkibli xalkogenidlərinin kimyasına və materialşünaslığına ciddi töhvədir və onlar əsasında ekoloji təhlükəsiz funksional materiallar yaradılmasının elmi əsasını təşkil edir.
4	<p>Layihə üzrə elmi nəşrlər (elmi jurnallarda məqalələr, monoqrafiyalar, icmaller, konfrans materiallarında məqalələr, tezislər) (dərc olunmuş, çapa qəbul olunmuş və çapa göndərilmişləri ayrılıqda qeyd etməklə, uyğun məlumat - jurnalın adı, nömrəsi, cildi, səhifələri, nəşriyyat, indeksi, İmpact Factor, həmmüəlliflər və s. bunun kimi məlumatlar - ciddi şəkildə dəqiq olaraq göstərilməlidir) <i>(surətlərini kağız üzərində və CD şəkildə əlavə etməli!)</i></p>
	<p><u>I-V rüblər:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bayramova U., Mirzoyeva R., Mirzoyeva A., Mashadiyeva L.F. Thermodynamic functions of melting and phase transitions of the A_8GeX_6 ($\text{A}=\text{Ag, Cu; X}=\text{S, Se}$) compounds / 9th Rostocker International Conference: "Thermophysical Properties for Technical Thermodynamics", Rostock, Germany, 2020 P.71 2. Ismailova E.N., Hasanova Z., Babanly K., Mashadiyeva L.F. Solid solutions based on Cu_3SbSe_4 in the $\text{Cu}_3\text{SbSe}_4\text{-SnSe}_2$ (GeSe_2) systems / 9th Rostocker International Conference: "Thermophysical Properties for Technical Thermodynamics", Rostock, Germany, 2020 P.84, 3. Bayramova U.R., Mashadiyeva L.F., Shukurova G.M., Babanly M.B. Thermodynamic functions of phase transitions of compounds A_8GeX_6 ($\text{A}=\text{Ag, Cu; X}=\text{S, Se}$) / XII International conference "Electronic Processes in organic and Inorganic Materials", Ukraine, 2020 p.181 4. Ismailova E.N., Mashadiyeva L.F., Shevelkov A.V., Bakhtiyarly I.B., Babanly M.B. New phases of variable composition based on famatinite mineral - potential environmental friendly thermoelectric materials / XII International conference "Electronic Processes in organic and

- Inorganic Materials”, Ukraine, 2020 p.219
5. Hasanova G.S., Aghazade A.I., Yusibov Y.A., Babanly M.B. Thermodynamic Properties of The BiTe and Bi₈Te₉ // Phys. Chem. Solid State, 2020, V.21, №4, pp. 714-719
 6. Ismailova E.N., Mashadiyeva L.F., Babanly D.M., Shevelkov A.V., Babanly M.B. Diagram of Solid-phase equilibria in the SnSe-Sb₂Se₃-Se System and Thermodynamic Properties of Tin Antimony Selenides // Russ. J. Inorg. Chem., 2021, v.66, No 1, pp.96-103 (IF=1.33)
 7. Mammadli P.R., Gasimov V.A., Babanly D.M. New quaternary compound in the Cu₂S-SbSI system / International Conference On Actual Problems Of Chemical Engineering, APCE-2020, Book of abstracts, p.132
 8. Байрамова У.Р., Машадиева Л.Ф., Мирзоева Р.Д., Завражнов А.Ю., Бабанлы.М.Б Термодинамические функции плавления и фазовых переходов соединений A₈GeX₆ (A=Ag, Cu; X=S, Se) / International Conference On Actual Problems Of Chemical Engineering, APCE-2020, Book of abstracts, p.140
 9. Mashadiyeva L.F., Mammadli P.R., Babanly D.M., Ashirov G.M., Shevelkov A.V., Yusibov Y.A. Solid-phase equilibrium in the Cu-Sb-S ternary system and thermodynamic properties of ternary phases // JOM, 2021, 73(5), 1522-1530 (IF=2.47)
 10. Mashadiyeva L.F., Babanly D.M., Yusibov Yu.A., Tagiev D.B., Babanly M.B. Thermodynamic Study of the Ag-Sb-Se System by the EMF Method with Ag₄RbI₅ Solid Electrolyte. Russian Journal of Electrochemistry, 2021, Vol. 57, No. 3, pp. 281–288 (IF=1.08)
 11. E.N. Ismayilova, A.N. Baladzhayeva, L.F. Mashadiyeva. Phase equilibria along the Cu₃SbSe₄-GeSe₂ section of the Cu-Ge-Sb-Se system // New Materials, Compounds and Applications. 2021. V.5. No.1, P.52-58.
 12. Байрамова У.Р., Машадиева Л.Ф. Определение термодинамических функций фазового перехода соединения Ag₈SnSe₆ методом ДСК / "Kimyanın müasir problemləri" Respublika Elmi Konfransı, Sumqayıt, 2021, s.82-86
 13. P.R. Mammadli, L.F. Mashadiyeva, Z.T.Hasanova, D.M. Babanly . Thermodynamic Study of a Synthetic Analog of the Famatinite Mineral - Cu₃SbS₄. Physics And Chemistry Of Solid State. 2021. V.22, No.1, P. 53-58
 14. P.R. Mammadli, L.F. Mashadiyeva, V.A. Gasimov, G.B. Dashdiyeva, D.M. Babanly . Phase relations in the CuSbS₂-Cu₃SbS₄-Sb₂S₃ system. Azerbaijan Journal of Chemical news. 2021, v.3, #1, pp.100-108
 15. Баладжаева А.Н., Исмаилова Э.Н., Шевельков А.В., Бахтиярлы И.Б., Машадиева Л.Ф. Фазовые равновесия по разрезу Cu₃SbS₄-GeS₂ системы Cu-Ge-Sb-S / “Müasir təbiət və iqtisad elmlərinin aktual problemləri” Beynəlxalq elmi konfrans, Gəncə, may-2021, 42-46 (3)
 16. Байрамова У.Р., Зломанов В.П., Шукюрова Г.М., Машадиева Л.Ф. Калориметрическое определение энтальпии полиморфного перехода соединения Cu₈SiSe₆ / “Müasir təbiət və iqtisad elmlərinin aktual problemləri” Beynəlxalq elmi konfrans, Gəncə, may-2021, s.35-39
 17. Əşirov G.M., Məşədiyeva L.F., Yusibov Y.Ə., Babanlı M.B. Ag₈SiS₆-Ag₈GeS₆ sistemində bərk məhlulların alınması və rentgenoqrafik tədqiqi. “Müasir təbiət və iqtisad elmlərinin aktual problemləri” Beynəlxalq elmi konfrans, Gəncə, may-2021, s.5-8.
 18. Hasanova Z.T. Thermodynamic study of the CuAsSe₂ compound by EMF method with solid electrolyte // New Materials, Compounds and Applications., 2021, V.6, №3, 205-211
 19. Ashirov G.M., Babanly K.N., Mashadiyeva L.F., Yusibov Y.A. Phase equilibria and solid solutions in the Ag₂Te-Ag₈SiTe₆-Ag₈GeTe₆ system / 10th Rostocker International Conference: “Thermophysical Properties for Technical Thermodynamics”, Rostock, Germany, 2021, p.83
 20. Amiraslanova A.J., Alverdiyev I.J., Shukurova G.M., Mashadiyeva L.F., Yusibov Y.A.. New variable composition phases in the Ag, Ge || S, Te reciprocal system / 10th Rostocker International Conference: “Thermophysical Properties for Technical Thermodynamics”, Rostock, Germany, 2021, p.82

21. Ashirov G.M., Mashadiyeva L.F., Shukurova G.M., Jafarov Ya.I. Phase equilibria and solid solutions in the $Ag_2Se-Ag_8SiSe_6-Ag_8GeSe_6$ system / XI Международная научная конференция "Кинетика и механизм кристаллизации. Кристаллизация и материалы нового поколения", Иваново, 2021, p.207
22. Байрамова У.Р., Мирзоева Р.Дж., Гасанова З.Т., Машадиева Л.Ф. Термодинамические функции фазовых переходов соединений семейства аргиродит / XI Международная научная конференция "Кинетика и механизм кристаллизации. Кристаллизация и материалы нового поколения", Иваново, 2021, p.202-203
23. Намазов Дж.С., Машадиева Л.Ф., Алвердиев И.Дж., Юсубов Ю.А. Твердые растворы на основе соединений семейства аргиродита в системах $Cu_8SiX_6-Ag_8SiX_6$ (X-S, Se, Te) / XI Международная научная конференция "Кинетика и механизм кристаллизации. Кристаллизация и материалы нового поколения", Иваново, 2021, p.203

VI rüb

24. Z.T.Hasanova. Solubility of germanium diselenide in the Cu_3AsSe_4 // Azərbaycan Kimya Jurnalı, 2021, No 4, s.67-70 (1)
25. Намазов Дж.С., Алвердиев И.Дж., Юсубов Ю.А., Бабанлы М.Б. Физико-химическое взаимодействие в области составов $Cu_2Se-Ag_2Se-Ag_8SiSe_6-Cu_2SiSe_3$ системы Cu-Ag-Si-Se / Материалы IX Всероссийской конференции с международным участием «Физико-химические процессы в конденсированных средах и на межфазных границах. ФАГРАН-2021», Воронеж, 2021, с.175-176 (2)
26. Байрамова У.Р., Гасанова З.Т., Машадиева Л.Ф. Определение термодинамических функций полиморфного перехода соединений Cu_8SiS_6 и Cu_8SiSe_6 методом ДСК / Материалы IX Всероссийской конференции с международным участием «Физико-химические процессы в конденсированных средах и на межфазных границах. ФАГРАН-2021», Воронеж, 2021, с.170-171 (3)
27. Amiraslanova A.J., Babanly K.N., Alverdiyev I.J., Yusibov Y.A. New Variable Composition Phases In The Reciprocal System Ag, Si || Se, Te / Материалы IX Всероссийской конференции с международным участием «Физико-химические процессы в конденсированных средах и на межфазных границах. ФАГРАН-2021», Воронеж, 2021, с.167-168 (4)
28. Aslanli S.R., Imamaliyeva S.Z., Alverdiyev I.C., Yusibov Yu.A. Phase equilibria in the $Ag_8SiSe_6-Ag_8SnSe_6$ system and polymorphic transitions of solid solutions / / Материалы IX Всероссийской конференции с международным участием «Физико-химические процессы в конденсированных средах и на межфазных границах. ФАГРАН-2021», Воронеж, 2021, с.169-170 (5)

Çара qəbul olunan:

1. Машадиева Л. Ф., Алиева З.М., Мирзоева Р. Дж., Юсубов Ю. А., Шевельков А. В., Бабанлы М. Б. Фазовые равновесия в системе $Cu_2Se-GeSe_2-SnSe_2$ // Журнал неорганической химии, 2022, No 5, с.* (Çapda-1)
2. Bayramova U.R., Poladova A.N., Mashadiyeva L.F., Babanly M.B. Calorimetric determination of phase transitions of Ag_8BX_6 (B=Ge, Sn; X=S, Se) compounds. *Kondensirovannyye sredy i mezhfaznyye granitsy = Condensed Matter and Interphases*. 2022, No 2, p.* (Çapda-2)

5 İxtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər

Hesabat ilində layihə üzrə ixtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər olmamışdır.

6 Layihə üzrə ezamiyyətlər (ezamiyyə baş tutmuş təşkilatın adı, şəhər və ölkə, ezamiyyə tarixləri, həmçinin

	ezamiyyə vaxtı baş tutmuş müzakirələr, görüşlər, seminarlarda çıxışlar və s. dəqiq göstərilməlidir) Layihə üzrə ezamiyyətlər nəzərdə tutulmamışdır.
7	Layihə üzrə elmi ekspedisiyalarda iştirak (əgər varsa) Layihə üzrə elmi ekspedisiyalar nəzərdə tutulmamışdır.
8	Layihə üzrə digər tədbirlərdə iştirak İştirak edilməmişdir.
9	Layihə mövzusu üzrə elmi məruzələr (seminar, dəyirmi masa, konfrans, qurultay, simpozium və s. çıxışlar) (məlumat tam şəkildə göstərilməlidir: a) məruzənin növü: plenar, dəvətli, şifahi və ya divar məruzəsi; b) tədbirin kateqoriyası: ölkədaxili, regional, beynəlxalq) Layihə mövzusu üzrə seminar keçirilmiş və alınmış bir sıra nəticələr müzakirə edilmişdir.
10	Layihə üzrə əldə olunmuş cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar, komplektləşdirmə məmulatları Layihədə cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar alınması nəzərdə tutulmamışdır.
11	Yerli həmkarlarla əlaqələr Layihənin yerinə yetirilməsində Bakı Dövlət Universitetinin, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin və AMEA Fizika İnstitutunun əməkdaşları iştirak edirlər və həmin müəssisələrdən olan həmkarlarla işguzar elmi əlaqələr mövcuddur.
12	Xarici həmkarlarla əlaqələr Layihə üzrə tədqiqatlar Rusiyalı həmkarlarımızla sıx əlaqələr şəraitində yerinə yetirilir.
13	Layihə mövzusu üzrə kadr hazırlığı (əgər varsa) Layihə mövzusu üzrə tədqiqatlara AMEA-nın Kataliz və qeyri-üzvi Kimya İnstitutunun və Bakı Dövlət Universitetinin magistrant və doktorantları cəlb olunmuşlar, onlar elmi seminarlarda və dəyirmi masalarda iştirak edirlər
14	Sərgilərdə iştirak (əgər baş tutubsa) Sərgilərdə iştirak edilməyib.
15	Təcrübəartırmada iştirak və təcrübə mübadiləsi (əgər baş tutubsa) Layihənin yerinə yetirilməsi gedişində xarici və yerli həmkarlarla mütəmadi təcrübə mübadiləsi aparılır.
16	Layihə mövzusu ilə bağlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s. (məlumatı tam şəkildə göstərilməlidir) Layihə mövzusu ilə bağlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s. yoxdur.

SİFARIŞÇI:

Elmin İnkişafı Fondu

Baş məsləhətçi

Daşdəmirova Xanım Faiq qızı

İCRAÇI:

Layihə rəhbəri

Babanlı Məhəmməd Baba oğlu

(imza)

“ _ ” _____ 2022-ci il

(imza)

“ _ ” _____ 2022-ci il



AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA

ELMİN İNKİŞAFI FONDU

MÜQAVİLƏYƏ ƏLAVƏ

**Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondu
və Rusiya Fundamental Tədqiqatlar Fondunun
1-ci Azərbaycan-Rusiya birgə beynəlxalq grant
müsabiqəsinin (EIF-BGM-4-RFTF-1/2017) qalibi olmuş
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə**

ALINMIŞ NƏTİCƏLƏRİN ƏMƏLİ (TƏCRÜBİ) HƏYATA KEÇİRİLMƏSİ VƏ LAYİHƏNİN NƏTİCƏLƏRİNDƏN GƏLƏCƏK TƏDQIQATLARDA İSTİFADƏ PERSPEKTİVLƏRİ HAQQINDA MƏLUMAT VƏRƏQİ

(Qaydalar üzrə Əlavə 16)

Layihənin adı: **Misin mürəkkəb xalkogenidləri ortatemperaturlu termoelektrik materialları kimi: sintezdən və faza tarazlıqlarından "tərkib-quruluş-xassə" əlaqəsinə doğru**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Babanlı Məhəmməd Baba oğlu**

Qrantın məbləği: **81 400 manat**

Layihənin nömrəsi: **EIF-BGM-4-RFTF-1/2017-21/11/4-M-12**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **17 avqust 2020-ci il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **18 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 sentyabr 2020-ci il - 01 mart 2022-ci il**

Diqqət! Bütün məlumatlar 12 ölçülü Arial şrifti ilə, 1 intervalla doldurulmalıdır

Layihənin nəticələrinin əməli (təcrübi) həyata keçirilməsi

1 Layihənin əsas əməli (təcrübi) nəticələri, bu nəticələrin məlum analoqlar ilə müqayisəli xarakteristikası

Layihə üzrə aparılan tədqiqatlar nəticəsində mis xalkogenidləri əsasında 4 üçlü və 3 dördkomponentli sistemdə, həmçinin çoxkomponentli sistemlərin 5 politermik kəsiyi üzrə faza tarazlıqlarının yeni mənzərələri əldə edilmişdir. Bu sistemlərdə çoxlu sayda üçlü birləşmələr və onlar əsasında bərk məhlullar aşkar edilmişdir. DSK və EHQ üsulları ilə sintez olunmuş yeni birləşmə və fazaların fundamental termodinamik funksiyaları təyin olunmuşdur. Bricmen-Stokbarger üsulu ilə Cu_8GeS_6 , Cu_8GeSe_6 , Cu_2GeS_3 və Cu_2GeSe_3 birləşmələrinin və onlar əsasında bir sıra bərk məhlulların, həmçinin $Cu_{12}Sb_3S_{13}$ - $Cu_{12}As_3S_{13}$, Cu_3SbS_4 - GeS_2 ,

$Cu_3SbSe_4-GeSe_2$, $Cu_3SbS_4-SnS_2$, $Cu_3SbSe_4-SnSe_2$ sistemlərində üçlü birləşmələr əsasında bərk məhlulların monokristalları yetişdirilmiş və xarakterizə edilmişdir. Üçlü sistemlərin yeni qurulmuş faza diaqramları ədəbiyyatda məlum olanlarla müqayisədə əhəmiyyətli dərəcədə mükəmməldir, dördlü və daha mürəkkəb sistemlər isə ilk dəfə olaraq öyrənilmişdir.

2

Layihənin nəticələrinin əməli (təcrübi) həyata keçirilməsi haqqında məlumat (istehsalatda tətbiq (tətbiqin aktını əlavə etməli); tədris və təhsildə (nəşr olunmuş elmi əsərlər və s. – təhsil sistemində tətbiqin aktını əlavə etməli); bağlanmış xarici müqavilələr və ya beynəlxalq layihələr (kimlə bağlanıb, müqavilənin və ya layihənin nömrəsi, adı, tarixi və dəyəri); dövlət proqramlarında (dövlət orqanının adı, qərarın nömrəsi və tarixi); ixtira üçün alınmış patentlərdə (patentin nömrəsi, verilmə tarixi, ixtiranın adı); və digərlərində)

Alınmış yeni materialların tətbiq imkanları və konkret tətbiq sahələri onların funksional xassələrinin rusiyalı tərəfdaşlarımızla birgə tədqiqindən sonra məlum olacaqdır. Bəzi bərk məhlul nümunələrinin termoelektrik xassələrinə aid alınmış yeni nəticələr onların ekoloji təhlükəsiz termoelektrik materialları kimi tətbiq olunma imkanlarının olmasını göstərir. Bundan əlavə qurulmuş faza diaqramları və alınmış termodinamik nəticələr askar etdiyimiz yeni fazaların optimal sintez şəraitlərinin seçilməsi üçün elmi əsasdır və bu məqsədlə istifadə oluna bilər. Həmin məlumatlar maddələrin fundamental xarakteristikaları olub müvafiq elektron məlumat bazalarına daxil edilə bilər. Alınmış nəticələr, həmçinin, AMEA-nın Kataliz və qeyri-üzvi Kimya İnstitutunun, Bakı Dövlət Universitetinin və başqa ali məktəblərin magistratura və doktorantura təhsilində istifadə üçün tövsiyyə edilir.

1. Layihənin nəticələrindən gələcək tədqiqatlarda istifadə perspektivləri

1

Nəticələrin istifadəsi perspektivləri (fundamental, tətbiqi və axtarış-innovasiya yönü elmi-tədqiqat layihə və proqramlarında; dövlət proqramlarında; dövlət qurumlarının sahə tədqiqat proqramlarında; ixtira və patent üçün verilmiş ərizələrdə; beynəlxalq layihələrdə; və digərlərində)

Layihə üzrə alınan nəticələr və ümumiləşdirmələr gələcəkdə ekoloji təhlükəsiz funksional materiallar, o cümlədən termoelektrik materialları, fotoelektrik materialları, qarışıq ion-elektron keçirici materialların, ion-selektiv elektrodların, elektrolit materiallarının hazırlanması üçün fiziki-kimyəvi əsasdır və bu istiqamətdə həyata keçiriləcək gələcək fundamental-tətbiqi layihələrdə istifadə edilə bilər.

SİFARİŞÇİ:

Elmin İnkişafı Fondu

Baş məsləhətçi

Daşdəmirova Xanım Faiq qızı

İCRAÇI:

Layihə rəhbəri

Babanlı Məhəmməd Baba oğlu

(imza)

“ __ ” _____ 20_ -ci il

(imza)

“ __ ” _____ 20_ -ci il



**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA
ELMİN İNKİŞAFI FONDU**

MÜQAVİLƏYƏ ƏLAVƏ

**Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondu
və Rusiya Fundamental Tədqiqatlar Fondunun
1-ci Azərbaycan-Rusiya birgə beynəlxalq grant
müsabiqəsinin (EIF-BGM-4-RFTF-1/2017) qalibi olmuş
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə**

**ALINMIŞ ELMİ MƏHSUL HAQQINDA MƏLUMAT
(Qaydalar üzrə Əlavə 17)**

Layihənin adı: **Misin mürəkkəb xalkogenidləri ortatemperaturlu termoelektrik materialları kimi: sintezdən və faza tarazlıqlarından "tərkib-quruluş-xassə" əlaqəsinə doğru**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Babanlı Məhəmməd Baba oğlu**

Qrantın məbləği: **81 400 manat**

Layihənin nömrəsi: **EIF-BGM-4-RFTF-1/2017-21/11/4-M-12**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **17 avqust 2020-ci il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **18 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 sentyabr 2020-ci il - 01 mart 2022-ci il**

Diqqət! Bütün məlumatlar 12 ölçülü Arial şrifti ilə, 1 intervalla doldurulmalıdır

1. Elmi əsərlər (sayı)

№	Tamlıq dərəcəsi	Dərc olunmuş	Çapa qəbul olunmuş və ya çapda olan	Çapa göndərilmiş
1.	Monoqrafiyalar	yoxdur		
	həmçinin, xaricdə çap olunmuş	yoxdur		
2.	Məqalələr	9	2	
	həmçinin xarici nəşrlərdə	5	2	

3.	Konfrans materiallarında məqalələr	4		
	O cümlədən, beynəlxalq konfrans materiallarında	3		
4.	Məruzələrin tezisləri	15		
	həmçinin, beynəlxalq tədbirlərin toplusunda	15		
5.	Digər (icmal, atlas, kataloq və s.)	yoxdur		

2. İxtira və patentlər (sayı)

Nö	Elmi məhsulun növü	Alınmış	Verilmiş	Ərizəsi verilmiş
1.	Patent, patent almaq üçün ərizə	-		
2.	İxtira	-		
3.	Səmərələşdirici təklif	-		

3. Elmi tədbirlərdə məruzələr (sayı)

Nö	Tədbirin adı (seminar, dəyirmi masa, konfrans, qurultay, simpozium və s.)	Tədbirin kateqoriyası (ölkədaxili, regional, beynəlxalq)	Məruzənin növü (plonar, dəvətli, şifahi, divar)	Sayı
1.	Konfrans	beynəlxalq	divar	2
2.	Konfrans	ölkədaxili	Şifahi (online)	8
3.				

SİFARİŞÇİ:

Elmin İnkişafı Fondu

Baş məsləhətçi

Daşdəmirova Xanım Faiq qızı

(imza)

“ _ ” _____ 20_ -ci il

İCRAÇI:

Layihə rəhbəri

Babanlı Məhəmməd Baba oğlu

(imza)

“ _ ” _____ 20_ -ci il