

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

TALLIUMUN ERBİUM VƏ TULIUMLA TELLURİDLƏRİNİN VƏ ONLAR ƏSASINDA FUNKSIONAL XASSƏLİ FAZALARIN ALINMASI VƏ TƏDQIQI

İxtisas: 2303.01 – Qeyri-üzvi kimya

Elm sahəsi: Kimya

İddiaçı: **İlahə Firudin qızı Mehdiyeva**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2022

Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutunun "Funksional qeyri-üzvi maddələrin termodinamikası" elmi-tədqiqat laboratoriyasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: AMEA-nın müxbir üzvü, professor
Məhəmməd Baba oğlu Babanlı

Rəsmi opponentlər: kimya elmləri doktoru, professor
İmir İlyas oğlu Əliyev

kimya elmləri doktoru
Nağı İbrahim oğlu Yaqubov

kimya üzrə fəlsəfə doktoru
Qənirə Babasırin qızı Balakışiyeva

Azərbaycan Respublikası Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının AMEA akad. M.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.15 Dissertasiya Şurası

Dissertasiya Şurasının sədri: kimya elmləri doktoru, akademik
Dilqəm Bəbir oğlu Tağıyev

Dissertasiya Şurasının elmi katibi: kimya üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Ülviyyə Əhməd qızı Məmmədova

Elmi seminarın sədri: kimya elmləri doktoru, professor
Akif Şıxan oğlu Əliyev

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Elmi-texniki tərəqqi termoelektrik, fotovoltaik, optik, maqnit və s. xassəli yeni funksional materialların axtarışı və tətbiqi ilə sıx bağlıdır. Ağır p- elementlərin və nadir torpaq elementlərinin telluridləri belə xassələrə malik olan qabaqcıl materiallardır. Son tədqiqatlar göstərmişdir ki, bu birləşmələrin bəziləri həm də topoloji izolyator xassəsinə malik olub, spintronikada, kvant hesablamalarında və yüksək texnologiyaların bir çox digər sahələrində istifadə üçün olduqca perspektivlidirlər.

Tallium, elementlərin Dövri Sistemində tutduğu xüsusi mövqeyə görə eyni birləşmədə iki oksidləşmə dərəcəsinə (+1; +3) və fərqli koordinasiya ədədlərinə malik ola bilir. Belə birləşmələrdən biri termoelektrik xassələr nümayiş etdirən Tl_5Te_3 -dür. Kristal quruluş xüsusiyyətlərinə görə bu birləşmə Tl_9MTe_6 və $Tl_4M'Te_3$ (M-Sb, Bi, In, Au, Ln; M'-Sn, Pb, Cu, Mo) tipli çoxsaylı üçlü analoqlar əmələ gətirir. Bu birləşmələr və onlar əsasında bərk məhlullar maraqlı termoelektrik, optik və topoloji izolyator xassələrinə malikdirlər.

Yeni çoxkomponentli fazaların istiqamətli sintezinin fiziki-kimyəvi əsaslarının işlənməsi müvafiq sistemlərin faza tarazlıqları və termodinamik xassələri sahəsində fundamental tədqiqatlarla sıx əlaqədardır. Belə sistemlər arasında məlum binar və üçlü birləşmələrin quruluş analoqlarının və ya onların əsasında bərk məhlulların əmələ gəlməsi gözlənilən sistemlər xüsusi maraq doğurur.

Yuxarıda qeyd edilənlər göstərir ki, Tl_5Te_3 birləşməsinin həm üçlü analoqları əmələ gələn sistemlərdə, həm də onlar əsasında çoxkomponentli sistemlərdə faza tarazlıqlarının öyrənilməsinə həsr olunmuş işlər kifayət qədər aktualdır. Sonuncularda geniş bərk məhlul sahələrinin əmələ gəlməsini gözləmək olar. Bu iş birləşmələrin funksional xassələrini optimallaşdırmaq üçün əsas şərtlərdən biridir. Tl_5Te_3 birləşməsinin kristal qəfəsinə nadir torpaq elementlərinin daxil edilməsi xüsusilə önəmlidir, çünki bununla termoelektrik xassələrinin yaxşılaşması ilə yanaşı onlara əlavə funksionallıq, məsələn, maqnit xassələri verilə bilər.

Ədəbiyyat məlumatlarının analizi göstərir ki, bizim tədqiqat-

laradək Tl-Ln-Te (Ln-Nd, Gd, Sm, Tb) üçlü sistemləri Tl₂Te-la zəngin sahələrdə öyrənilmiş və onlarda Tl₅Te₃ quruluşlu Tl₉LnTe₆ tipli üçlü birləşmələr aşkar edilmişdi. Həmin birləşmələr eyni zamanda termoelektrik və maqnit xassələrinə malik materiallar kimi böyük maraq kəsb edirlər. Bu baxımdan tərkibində ağır lantanoidlər olan analogi sistemlərin fiziki-kimyəvi tədqiqini məqsədəuyğun hesab etmək olar.

Tədqiqatın obyektı və predmeti. Qeyd edilənləri nəzərə alaraq dissertasiyanın tədqiqat obyektləri kimi Tl-Ln-Te (Ln - Er, Tm) üçlü sistemlərinin Tl₂Te-Tl₂Te₃-TlLnTe₂ tərkib sahələri, həmçinin Tl-Ln-Bi-Te dördlü sistemlərinin Tl₂Te-Tl₉ErTe₆-Tl₉BiTe₆ və Tl₅Te₃-Tl₉TmTe₆-Tl₉BiTe₆ qatılıq müstəviləri götürülmüşdür.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Dissertasiya işinin məqsədi tallium – erbium(tulium) telluridlərinin və onlar əsasında yeni dəyişən tərkibli fazaların alınması, kristalloqrafik və termodinamik xassələrinin tədqiqi olmuşdur.

Bu məqsədə nail olmaq üçün aşağıdakı **konkret məsələlər** qoyulmuş və həll edilmişdir:

✓ Fiziki-kimyəvi analiz metodları kompleksi və EHQ metodu ilə Tl-Ln-Te (Ln - Er, Tm) üçlü sistemlərinin Tl₂Te-Tl₂Te₃-TlLnTe₂ tərkib sahələrində, həmçinin Tl-Ln-Bi-Te dördlü sistemlərinin Tl₂Te-Tl₉ErTe₆-Tl₉BiTe₆ və Tl₅Te₃-Tl₉TmTe₆-Tl₉BiTe₆ qatılıq müstəvilərində faza tarazlıqlarının tədqiqi;

✓ Aşkar edilmiş yeni fazaların homogenlik sahələrinin müəyyənləşdirilməsi, müxtəlif tərkibli bərk məhlulların fərdi şəkildə alınması və identifikasiyası;

✓ Binar Er(Tm)-Te və üçlü Tl-Er(Tm)-Te sistemlərinin EHQ üsulu ilə termodinamik tədqiqi;

Tədqiqat metodları. Dissertasiyanın mövzusu üzrə tədqiqatlar fiziki-kimyəvi analizin ənənəvi metodları olan differensial termiki analiz (DTA), rentgenfaza analizi (RFA), skanedici elektron mikroskopiyaya (SEM) və mikrobərkliyin ölçülməsi üsulları ilə, həmçinin qatılıq dövrlərinin elektrik hərəkət qüvvəsinin (EHQ) ölçülməsilə aparılmışdır. DTA "NETZSCH 404 F1 Pegasus system" difraktometrində aparılmışdır. Ovuntu difraktoqramları Almaniyanın Bruker firma-

sının D8 ADVANCE və D2 Phaser cihazlarında çəkilmiş və TOPAS V3.0 kompüter proqramı ilə analiz edilmişdir. Mikroquruluş analizi üçün JEOLJSM-7600F markalı skanedici elektron mikroskopdan istifadə edilmişdir. Nümunələrin mikrobərklikləri PIMT-3 markalı cihazda ölçülmüşdür.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar.

1. Tl-Ln-Te (Ln - Er, Tm) üçlü sistemlərinin $Tl_2Te-Tl_2Te_3-TlLnTe_2$ tərkib sahələrində, Tl-Ln-Bi-Te dördlü sistemlərinin $Tl_2Te-Tl_9LnTe_6-Tl_9BiTe_6$ və $Tl_5Te_3-Tl_9LnTe_6-Tl_9BiTe_6$ qatılıq müstəvilərində faza tarazlıqlarına aid işdə alınmış yeni nəticələr, o cümlədən likvidus və solidus səthlərinin proyeksiyaları, T-x-y diaqramlarının izotermik və politermik kəsikləri.

2. Tədqiq olunan sistemlərdə aşkar edilmiş yeni bərk məhlullar, onların ilkin kristallaşma və homogenlik sahələri, kristalloqrafik göstəriciləri, mikrobərklikləri haqqında məlumatlar.

3. Binar Er(Tm)-Te və üçlü Tl-Er(Tm)-Te sistemlərində tellurid fazalarının fundamental termodinamik funksiyalarına aid yeni nəticələr.

Tədqiqatın elmi yeniliyi. Dissertasiya işində aşağıdakı yeni elmi nəticələr alınmışdır:

- DTA, RFA, SEM metodları ilə, həmçinin EHQ və mikrobərkliyin ölçülməsi ilə Tl-Er-Te və Tl-Tm-Te üçlü sistemlərinin $Tl_2Te-Tl_2Te_3-TlEr(Tm)Te_2$ qatılıq sahələrində faza tarazlıqlarının yeni mənzərələri müəyyən edilmiş, o cümlədən $Tl_2Te-Tl_2Te_3-TlEr(Tm)Te_2$ alt sistemlərinin bərkfaza tarazlıqları diaqramları, onların $Tl_2Te-Tl_5Te_3-Tl_9Er(Tm)Te_6$ tərkib sahələrinin T-x-y diaqramlarının bir sıra politermik və izotermik kəsikləri, həmçinin likvidus və solidus səthlərinin proyeksiyaları qurulmuşdur.

- Tədqiq olunan üçlü sistemlərdə Tl_9ErTe_6 və Tl_9TmTe_6 birləşmələrinin homogenlik sahələri, ərimə xarakteri və temperaturları təyin edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, Tl_9ErTe_6 və Tl_9TmTe_6 birləşmələri peritektik reaksiyalar üzrə inkonqruent əriyirlər və $Tl_2Te-Tl_5Te_3-Tl_9Er(Tm)Te_6$ qatılıq üçbucaqlarının sahəsinin 90%-dən çoxunu əhatə edən geniş homogenlik sahəsinə malik dəyişən tərkibli fazalardır.

- $Tl_2Te-Tl_9BiTe_6-Tl_9ErTe_6$ və $Tl_5Te_3-Tl_9BiTe_6-Tl_9TmTe_6$ sistemlərinin faza diaqramlarının bir sıra politermik və izotermik kəsikləri,

likvidus və solidus səthlərinin proyeksiyaları, həmçinin fazaların kristal qəfəs parametrlərinin və mikrobərkliklərinin tərkibdən asılılıq qrafikləri qurulmuşdur. Qeyd edilən sistemlərdə Tl_5Te_3 quruluşlu arasıkəsilməz və ya geniş bərk məhlul sahələrinin əmələ gəlməsi müəyyən edilmişdir.

•EHQ üsulu ilə binar Er(Tm)-Te və üçlü Tl-Er(Tm)-Te sistemlərinin termodinamik xassələri öyrənilmişdir. Tədqiq olunan sistemlərin bir sıra faza sahələrində erbiumun və tuliumun parsial molyar funksiyaları, həmçinin müvafiq binar və üçlü birləşmələrin standart əmələgəlmə termodinamik funksiyaları və standart entropiyaları hesablanmışdır.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Tl-Ln-Te (Ln - Er, Tm) üçlü sistemlərinin Tl_2Te - Tl_2Te_3 - $TlLnTe_2$ tərkib sahələri, həmçinin Tl-Ln-Bi-Te dördlü sistemlərinin Tl_2Te - Tl_9LnTe_6 - Tl_9BiTe_6 və Tl_5Te_3 - Tl_9LnTe_6 - Tl_9BiTe_6 qatılıq müstəvilərində faza tarazlıqlarına, aralıq fazaların termodinamik, kristalloqrafik və s. fiziki-kimyəvi xassələrinə aid işdə alınan yeni nəticələr xalkogenidlərin kimyasını və materialşünaslığını zənginləşdirir. Bu nəticələr müvafiq dəyişən tərkibli fazaların sintezinin və monokristallarının yetişdirilmə üsullarının işlənməsi üçün elmi əsasdır.

Alınan nəticələrin praktiki əhəmiyyəti ilk növbədə ondan ibarətdir ki, tədqiq edilən sistemlərdə aşkar edilmiş yeni bərk məhlullar potensial termoelektrik və maqnit materiallarıdır. Digər tərəfdən qurulmuş faza diaqramları, yeni dəyişən tərkibli fazaların kristalloqrafik, termodinamik və s. xassələri fundamental fiziki-kimyəvi parametrlər olub, müvafiq elektron-informasiya sistemlərinə və məlumat bazalarına daxil edilə bilər.

“Google Scholar Citations” informasiya sistemindən götürülən məlumatlara görə müəllifin dissertasiya mövzusu üzrə çap olunan 7 məqaləsinə 34 istinad edilmişdir.

Aprobasiyası və tətbiqi. Dissertasiya işinin əsas nəticələri aşağıdakı elmi konfranslarda məruzə və müzakirə edilmişdir: AMEA-nın akad. M.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutunun 80 illik yubileyinə həsr olunmuş elmi konfransı (Baku, 2016); IX Международная научно-техническая конференция микро- и

нанотехнологии в электронике (Нальчик, 2017); 3th International Turkic World Conference on Chemical Sciences and Technologie (Baku, 2017); Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 94, 96, 97-ci ildönümünə həsr olunmuş “Müasir təbiət elmlərinin aktual problemləri”, “Müasir təbiət və iqtisad elmlərinin aktual problemləri”, “Kimya-biologiya elmlərinin aktual problemləri” beynəlxalq elmi konfrans (Gəncə, 2017, 2019, 2020); VIII Всероссийской конференции с международным участием “Физико-химические процессы в конденсированных средах и на межфазных границах – ФАГРАН” (Воронеж, 2018); Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 95-ci ildönümünə həsr olunmuş Gənc Tədqiqatçıların II Beynəlxalq Elmi Konfransı (Bakı, 2018); Akademik M.Nağıyevin 110 illiyinə həsr olunmuş “Nağıyev qıraətləri” beynəlxalq konfransı (Bakı, 2018); XXII International conference on Chemical Thermodynamics in Russia, RCCT (Санкт-Петербург, 2019).

Çap olunmuş elmi əsərlər. Dissertasiya işinin nəticələri 22 elmi əsərdə dərc olunmuşdur: onlardan 12-si məqalə (6 məqalə WEB of science bazasında indekslənmə xarici elmi jurnallarda, 6 məqalə - resenziya olunan jurnallarda), 10-u isə bir sıra elmi konfranslarda (9-u beynəlxalq) çap olunan məruzə tezisləridir. Çap olunmuş əsərlər dissertasiyanın məzmununu tam əks etdirir.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı. Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Kataliz və Qeyri-üzvi kimya institutunun “Qeyri-üzvi Funksional materiallar” şöbəsinin “Funksional Qeyri-üzvi maddələrin termodinamikası” laboratoriyasında yerinə yetirilmişdir.

Müəllifin şəxsi iştirakı. Dissertasiya işində təcrübi tədqiqatların aparılması, alınan nəticələrin işlənməsi və materialların çapa hazırlanması, əsasən müəllif tərəfindən həyata keçirilmişdir. Həmmüəllif olduğu elmi əsərlərdə müəllifin payı həlledici olmuşdur.

İşin həcmi və quruluşu. Dissertasiya işi girişdən (10988 işarə), beş fəsildən (I fəsil -37778, II-28594, III-19449, IV-14664, V-49954 işarə), əsas nəticələrdən, 222 adda istifadə edilən elmi ədəbiyyat siyahısından ibarət olub, 158 səhifə həcmə malikdir. Dissertasiyaya 35 cədvəl, 64 şəkil daxil edilmişdir.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Girişdə dissertasiyanın mövzusunun aktuallığı əsaslandırılmış, işin məqsədi, qarşıya qoyulan məsələlər, alınan nəticələrin elmi yeniliyi, nəzəri və praktiki əhəmiyyəti göstərilmişdir.

Dissertasiyanın **birinci fəslində** Tl-Te, Er-Te, Tm-Te binar və Tl-Bi-Te üçlü sistemlərinin faza tarazlıqları və fiziki-kimyəvi xassələri üzrə ədəbiyyat məlumatları verilmişdir. Fəslin sonunda tallium və nadir torpaq elementlərinin iştirak etdiyi üçlü xalkogenid sistemlərinə dair mövcud işlərin qısa icmalı təqdim olunmuşdur. Qeyd olunan ədəbiyyat məlumatları əsasında tədqiqat obyektlərinin seçilməsi əsaslandırılmışdır.

İkinci fəsil dissertasiya işində istifadə olunan sintez və fiziki-kimyəvi tədqiqat metodlarının qısa şərhinə həsr olunmuşdur.

İlkin binar birləşmələr vakuumlaşdırılmış ($\sim 10^{-2}$ Pa) kvarts ampullalarında yüksək təmizlikli elementar komponentlərin (Te- kataloq nömrəsi 13494-80-9; Tl- 7440-28-0; Bi- 7440-69-9; Er- 7440-52-0; Tm- 7440-30-4) birbaşa qarşılıqlı təsiri ilə sintez edilmişdir.

Tədqiq olunan sistemlərin üçlü birləşmələrini sintez etmək üçün isə əvvəcdən alınmış və identifikasiya olunmuş tallium telluridlərindən, elementar lantanoiddən və tellurdan istifadə edilmişdir. Seçmə nümunələrin termoqramları əsasında solidus temperaturları təyin edilmiş və nümunələr onlardan 20-50⁰ aşağı temperaturlarda uzun müddətli (800-1000 s.) termiki emal edilmişdir. Birləşmə və nümunələrin konkret sintez şəraitləri dissertasiyada verilir.

İşdə istifadə olunan təcrübi tədqiqat metodları, müvafiq qurğu və cihazlar haqqında məlumat yuxarıda verilir (bax, səh. 4).

Üçüncü fəsildə Tl-Ln-Te (Ln - Er, Tm) üçlü sistemlərinin Tl₂Te-Tl₂Te₃-TlLnTe₂ qatılıq sahələrində faza tarazlıqlarının tədqiqinin nəticələri verilmişdir. Tl₂Te-Tl₅Te₃-Tl₉LnTe₆ alt sistemlərinin T-x-y diaqramlarının bir sıra politermik və izotermik kəsikləri, həmçinin likvidus və solidus səthlərinin proyeksiyaları qurulmuşdur. Tl₂Te-Tl₂Te₃-TlLnTe₂ alt sistemləri üçün isə 300K-də bərkfaza tarazlıqlarının mənzərələri alınmışdır.

Tl-Er-Te üçlü sistemində faza tarazlıqları. Bu sistemin Tl₂Te-

Tl₅Te₃-Tl₉ErTe₆ tərkib sahəsində geniş temperatur intervalında faza tarazlıqlarının tam mənzərələri alınmışdır.

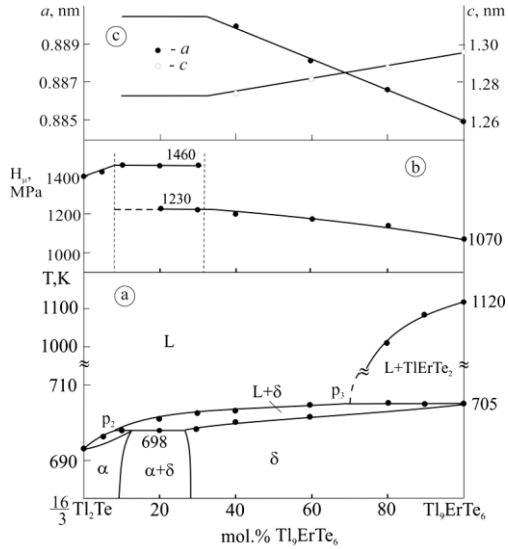
Cədvəl 1-də Tl₅Te₃-Tl₉ErTe₆ və Tl₂Te-Tl₉ErTe₆ sistemləri üzrə nümunələrin DTA, RFA və mikrobərklik ölçmələrinin nəticələri verilir.

Cədvəl 1

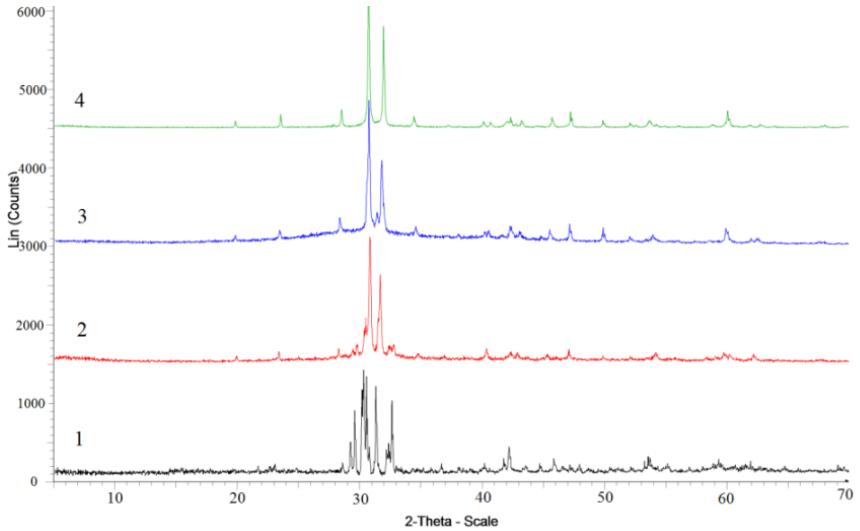
Tl₅Te₃-Tl₉ErTe₆ və Tl₂Te-Tl₉ErTe₆ sistemlərində fazaların bəzi xassələri

Kəşik	Faza	Termiki effektlər, K	Sinqoniya, fəza qrupu	Kristal qəfəs parametrləri, Å	H _μ , MPa
2Tl ₅ Te ₃ -Tl ₉ ErTe ₆	Tl ₅ Te ₃	723	<i>I4/mcm</i>	<i>a</i> =8.930; <i>c</i> =12.598	1130
	Tl _{9,9} Er _{0,1} Te ₆	706; 1090	"-"	<i>a</i> =8.8501; <i>c</i> =12.9524	1150
	Tl _{9,8} Er _{0,2} Te ₆	707-710; 1030	"-"	<i>a</i> =8.9140; <i>c</i> =12.664	
	Tl _{9,6} Er _{0,4} Te ₆	709-715	"-"	<i>a</i> =8.9020; <i>c</i> =12.746	1180
	Tl _{9,4} Er _{0,6} Te ₆	712-718	"-"	<i>a</i> =8.8871; <i>c</i> =12.795	1210
	Tl _{9,2} Er _{0,8} Te ₆	716-721	"-"	<i>a</i> =8.8681; <i>c</i> =12.882	1170
	Tl ₉ ErTe ₆	705; 1120	"-"	<i>a</i> =8.8501; <i>c</i> =12.9524	1070
5Tl ₂ Te-Tl ₉ ErTe ₆	Tl _{9,9} Er _{0,1} Te _{5,1}	698	<i>I4/mcm</i>	-	1450
	Tl _{9,8} Er _{0,2} Te _{5,2}	698-701	"-"	-	1230; 1460
	Tl _{9,6} Er _{0,4} Te _{5,4}	700-703	"-"	<i>a</i> =8.8985; <i>c</i> =12.736	1200
	Tl _{9,4} Er _{0,6} Te _{5,6}	701-705	"-"	<i>a</i> =8.8818; <i>c</i> =12.817	1180
	Tl _{9,2} Er _{0,8} Te _{5,8}	704	"-"	<i>a</i> =8.8661; <i>c</i> =12.792	1150
	Tl ₂ Te	695	<i>C2/c</i>	<i>a</i> =15.662; <i>c</i> =31.196	1400

Tl₂Te-Tl₉ErTe₆ kəsiyi (şəkil 1) Tl₉ErTe₆ birləşməsinin peritektik reaksiya üzrə parçalanmaqla əriməsi səbəbindən qeyri-kvazibinardır, lakin o subsolidusda stabildir və Tl₅Te₃ quruluşlu geniş bərk məhlullar (δ-faza) əmələ gətirir. Likvidus müvafiq olaraq Tl₂Te və Tl₉ErTe₆ əsasında α- və δ- fazaların, həmçinin TlErTe₂ birləşməsinin ilkin kristallaşmasına uyğun 3 sahədən ibarətdir. 698 K və 705 K-də üfüqi xətlər L+δ↔α və L+TlErTe₂↔δ peritektik tarazlıqlarına uyğundur.



Şəkil 1. $Tl_2Te-Tl_9ErTe_6$ sisteminin faza diaqramı (a), mikrobərqliyin (b) və kristal qəfəs parametrlərinin (c) tərkibdən asılılıqları

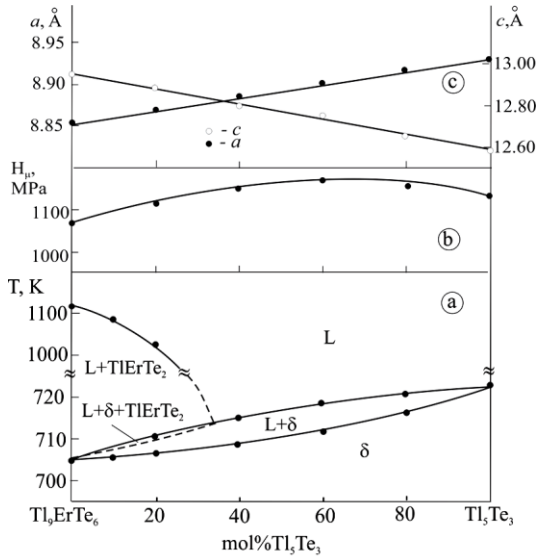


Şəkil 2. $Tl_2Te-Tl_9ErTe_6$ sisteminin bəzi nümunələrinin ovuntu rentgenoqramları: 1- Tl_2Te ; 2- 20% Tl_9ErTe_6 ; 3-40% Tl_9ErTe_6 ; 4- Tl_9ErTe_6

RFA nəticələri (şəkil 2) faza diaqramını təsdiq edir. Göründüyü kimi, 20 mol % Tl_9ErTe_6 tərkibli nümunə ikifazalıdır, yəni, δ - və α -fazaya aid difraksiya xətlərinə malikdir, Tl_9ErTe_6 -la zəngin nümunələr isə bİrfazalıdır və Tl_5Te_3 quruluş tipinə aid difraksiya mənzərəsinə malikdir. δ -fazanın homogenlik sahəsi daxilində qəfəs parametrləri temperaturdan asılı olaraq xətti dəyişir.

İlkin birləşmələrin mikrobərklik qiymətləri α - və δ - fazaların homogenlik sahələrində artır, $\alpha+\delta$ ikifazalı sahəsində isə sabit qalır (şəkil 1,b).

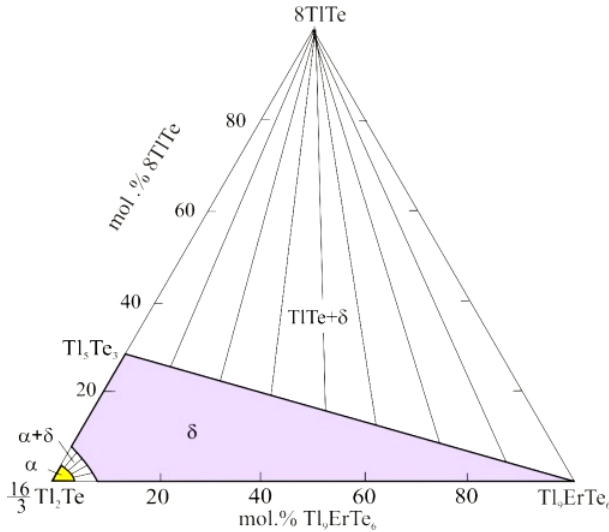
Tl_5Te_3 - Tl_9ErTe_6 sistemi (şəkil 3) qeyri-kvazibinardır, solidusdan aşağıda fasiləsiz bərk məhlulların (δ -faza) əmələ gəlməsi ilə xarakterizə olunur. 0-65 mol % Tl_9ErTe_6 tərkib sahəsində mayedən ilkin olaraq δ -bərk məhlullar, Tl_9ErTe_6 -lə daha zəngin sahədə isə $TlErTe_2$ birləşməsi kristallaşır. Sonuncu sahədə kristallaşma $L+TlErTe_2 \leftrightarrow \delta$ monovariant peritektik reaksiyası ilə davam edir və $L+TlErTe_2+\delta$ üçfazlı sahəsi əmələ gəlir. Dar temperatur intervalına görə bu sahə təcrübi olaraq müşahidə olunmadığından qırıq xətlə göstərilmişdir.



Şəkil 3. Tl_5Te_3 - Tl_9ErTe_6 sisteminin faza diaqramı (a), mikrobərkliyin (b) və kristal qəfəs parametrlərinin (c) tərkibdən asılılıqları

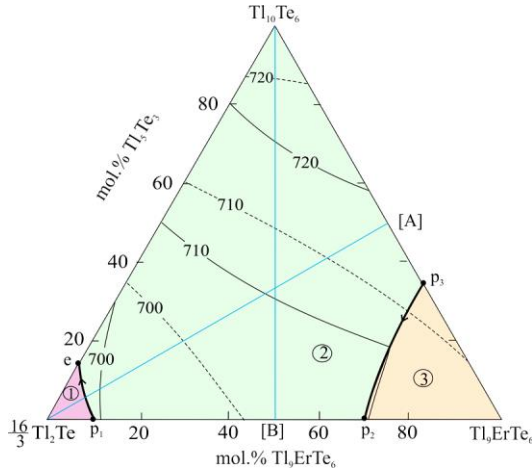
Mikrobærkliyin tərkibdən asılılığı qeyri-məhdud bərk məhlul sahələri üçün xarakterik olan yaygın maksimumdan keçən əyri şəklindədir. Kristal qəfəs parametrlərinin tərkibdən asılılığı Veqard qanununa tabedir (şəkil 3).

$Tl_2Te-TlTe-Tl_9ErTe_6$ tərkib sahəsində bərkfaza tarazlıqları (şəkil 4). Bu sistemdə geniş tərkib sahəsində Tl_5Te_3 əsasında δ - bərk məhlul və Tl_2Te əsasında çox kiçik α - məhlul sahələri əmələ gəlir. δ -faza həm α -faza ilə, həm də $TlTe$ birləşməsilə ikifazlı sahələr əmələ gətirir.



Şəkil 4. $Tl_2Te-TlTe-Tl_9ErTe_6$ sisteminin 300 K-də bərkfaza tarazlıqları diaqramı

Likvidus və solidus səthlərinin proyeksiyaları (şəkil 5). $Tl_2Te-Tl_5Te_3-Tl_9ErTe_6$ sisteminin likvidus səthi α -, δ - fazaların və $TlErTe_2$ birləşməsinin ilkin kristallaşmasına uyğun 3 sahədən ibarətdir. Bu sahələri sərhədləndirən p_{2e} və $p_{1p1'}$ əyriləri monovariant $L+\delta \rightarrow \alpha$ və $L+TlErTe_2 \rightarrow \delta$ peritektik tarazlıqlarına uyğun gəlir. Solidus səthi α - və δ - fazalarının kristallaşmasının tamamlanmasına uyğun olan iki sahədən ibarətdir.



Şəkil 5. $Tl_2Te-Tl_5Te_3-Tl_9ErTe_6$ sisteminin likvidus (bütöv xətlər) və solidus (qırıq xətlər) səthlərinin proyeksiyası. Fazaların ilkin kristallaşma sahələri: 1- α ; 2- δ ; 3-TlErTe₂.

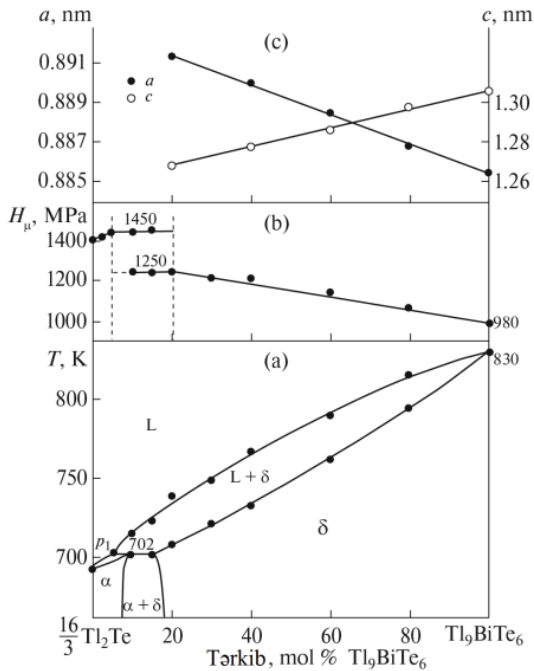
Tl-Tm-Te sistemində faza tarazlıqları mənzərəsi oxşardır, o dissertasiyada verilir və ətraflı şərh edilir.

Dördüncü fəsildə Tl-Ln-Bi-Te (Ln-Er,Tm) dördlü sisteminin $Tl_2Te-Tl_9BiTe_6-Tl_9ErTe_6$, $Tl_5Te_3-Tl_9BiTe_6-Tl_9TmTe_6$ qatılıq müstəvilərində faza tarazlıqlarına aid nəticələr verilir.

Tl-Bi-Er-Te sisteminin $Tl_2Te-Tl_9BiTe_6-Tl_9ErTe_6$ tərkib sahəsi.

$Tl_2Te-Tl_9BiTe_6$ sistemi (şəkl.6). Bu sistem kvazibinar olub, peritektik tipə aiddir. Peritektika nöqtəsi (p_1) 5 mol % Tl_9BiTe_6 tərkib və 702 K temperatura uyğundur. Peritektika temperaturunda Tl_2Te və Tl_9BiTe_6 birləşmələrinin homogenlik sahələri 7 və 85 mol%-dir. Mikrobərkliyin tərkibdən asılılığı faza diaqramına uyğun gəlir. İlkin birləşmələrin mikrobərkliklərinin qiyməti α - və δ -fazaların homogenlik sahələrində bir qədər artır və $\alpha + \delta$ iki fazalı sahəsində sabit qalır.

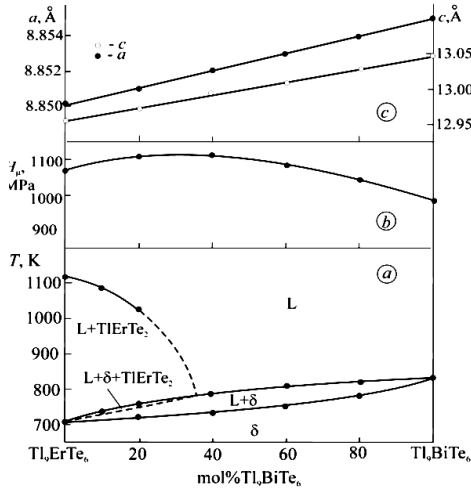
Cədvəl 2-də kənar $Tl_9ErTe_6-Tl_9BiTe_6$ sistemində fazaların bəzi xassələri verilir. $Tl_9ErTe_6-Tl_9BiTe_6$ sistemi arasıkəsilməz bərk məhlulların əmələ gəlməsi ilə xarakterizə olunur (şəkl.7,a). Mikrobərkliyin və qəfəs parametrlərinin tərkibdən asılılıq qrafikləri qurulmuş faza diaqramını təsdiq edir (şəkl.7).



Şəkil 6. $Tl_2Te - Tl_9BiTe_6$ sisteminin faza diaqramı (a), mikrobərəkliyin (b) və elementar qəfəs parametrlərinin (c) tərkibdən asılıqları

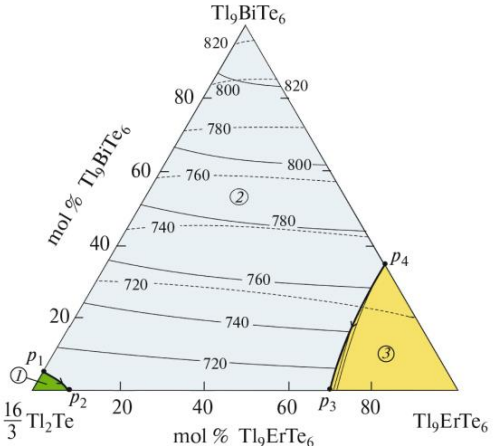
Cədvəl 2
 $Tl_9ErTe_6 - Tl_9BiTe_6$ sistemində ilkin birləşmələrin və bərk məhlulların bəzi xassələri

Tərkib	Elementar qəfəs parametrləri, Å		T_{or} , K	H_μ , MPa
	a	c		
Tl_9ErTe_6	8.8501(3)	12.952(2)	705; 1120	1070
$Tl_9Bi_{0.2}Er_{0.8}Te_6$	8.851	12.972	720-760; 1030	1110
$Tl_9Bi_{0.4}Er_{0.6}Te_6$	8.852	12.991	730-790	1120
$Tl_9Bi_{0.6}Er_{0.4}Te_6$	8.853	13.011	750-810	1080
$Tl_9Bi_{0.8}Er_{0.2}Te_6$	8.854	13.030	780-820	1040
Tl_9BiTe_6	8.8551(3)	13.048(3)	830	980

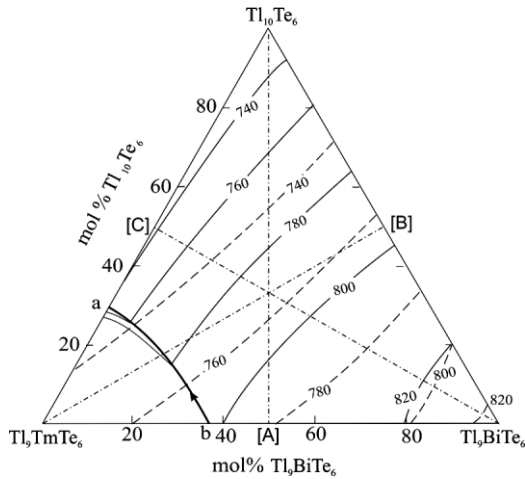


Şəkil 7. Tl_9BiTe_6 - Tl_9ErTe_6 sisteminin faza diaqramı(a), mikrobərkliyin (b) və kristal qəfəs parametrlərinin (c) tərkibdən asılılıqları

Tl_2Te - Tl_9BiTe_6 - Tl_9ErTe_6 sistemində likvidus və solidus səthlərinin proyeksiyaları şəkil 8-də verilmişdir. Likvidus α - və δ -fazaların və $TlErTe_2$ birləşməsinin ilkin kristallaşma sahələrindən ibarətdir.



Şəkil 8. Tl_2Te - Tl_9BiTe_6 - Tl_9ErTe_6 sistemində likvidus (bütöv xətlər) və solidus (qırıq xətlər) səthləri. İlkin kristallaşma sahələri: 1- α -faza, 2 - δ -faza və 3 - $TlErTe_2$



Şəkil 9. Tl_5Te_3 - Tl_9BiTe_6 - Tl_9TmTe_6 sistemində likvidus və solidus səthlərinin proyeksiyası.

Tl-Bi-Tm-Te sistemi Tl_5Te_3 - Tl_9BiTe_6 - Tl_9TmTe_6 tərkib sahəsi.

Bu tərkib sahəsində likvidus səthi δ -bərk məhlulların və $TlTmTe_2$ fazasının ilkin kristallaşma səthlərindən ibarətdir (şəkil 9). Bu sahələr bir-birindən $L+TlTmTe_2 \leftrightarrow \delta$ monovariant peritektik tarazlığına uyğun əyri ilə ayrılır (ab əyrisi). Solidus səthi (qırıq xətlər) δ -fazanın kristallaşmasının tamamlanmasından ibarət bir səthdən ibarətdir.

Beşinci fəsilə Er(Tm)-Te binar və Tl-Er(Tm)-Te üçlü sistemlərinin EQH üsulu ilə termodinamik tədqiqinin nəticələri verilir. Fəslin əvvəlində EQH metodunun mahiyyəti, onun üstünlükləri və çatışmayan cəhətləri, eksperimentin aparılması üçün tələblər, bərk və maye elektrolitlərin istifadəsinin kriteriyaları müzakirə olunur.

Nümunə olaraq Er-Te sisteminə aid hesablamaların gedişi verilmişdir. Cədvəllərdə isə həm də Tm-Te sisteminə uyğun funksiyalar verilmişdir.

Er(Tm)-Te sistemlərinin termodinamik tədqiqi üçün (1) və (2) tipli qatılıq dövrləri tərtib olunmuş:



və onların 300-450 K temperatur intervalında EQH-si ölçülmüşdür.

Ərinti-elektrodların, elektrolitlərin hazırlanma metodikaları, elektro-kimyəvi yuvanın yığılması və EHQ ölçmələrinin aparılması dissertasiya işində ətraflı şərh olunmuşdur.

(1) tipli qatılıq dövrləri LnTe birləşmələri üçün, (2) tipli qatılıq dövrləri isə Ln-Te sistemlərinin digər birləşmələri və Tl-Ln-Te sistemləri üçün istifadə olunmuşdur.

Tədqiq olunan sistemlərdə fazaların termodinamik funksiyalarının hesablanması üçün EHQ ölçmələrinin nəticələri EHQ-nin temperaturdan xətti asılılığı yaxınlaşdırılmasında ən kiçik kvadratlar üsulu ilə işlənmiş və

$$E = a + bT \pm t \left[\frac{S_E^2}{n} + S_b^2 (T - \bar{T})^2 \right]^{1/2} \quad (3)$$

tipli tənliklər şəklində təqdim olunmuşdur. Burada, n-E və T qiymətləri cütlərinin sayı, S_E və S_b -müvafiq olaraq ayrı-ayrı EHQ ölçmələrinin və b əmsalının dispersiyası, \bar{T} -orta mütləq temperatur, t-Stüdent kriteriyasıdır. Təcrübi nöqtələrin sayının $n \geq 20$ olduğu təcrübələrdə 95% etibarlılıq səviyyəsində $t \approx 2$ olur.

Cədvəl 3

Er(Tm)-Te sistemlərinin xəlitələrində lantanoid monotelluridin parsial molyar funksiyaları (T = 298 K)

Faza sahəsi	$-\Delta\bar{G}_{LnTe}$	$-\Delta\bar{H}_{LnTe}$	$\Delta\bar{S}_{LnTe}$
	kJ · mol ⁻¹		J · mol ⁻¹ · K ⁻¹
ErTe ₃ + Te	132.94 ± 0.16	127.79 ± 0.69	17.29 ± 1.85
Er ₂ Te ₃ + ErTe ₃	99.78 ± 0.14	98.11 ± 0.58	5.6 ± 1.52
TmTe ₃ +Te	127.75 ± 0.17	123.90 ± 0.70	12.91 ± 1.85
Tm ₂ Te ₃ +TmTe ₃	97.76 ± 0.18	97.49 ± 0.75	0.93 ± 1.98

EHQ-nin temperatur asılılıqlarından və aşağıdakı ifadələrdən istifadə etməklə xəlitələrdə lantanoidin və ya LnTe-un nisbi parsial molyar funksiyaları hesablanmışdır.

$$\Delta\bar{G}_i = -zFE \quad (4)$$

$$\Delta\bar{S}_i = zF \left(\frac{\partial E}{\partial T} \right)_p = zFb \quad (5)$$

$$\Delta \bar{H}_i = -zF \left[E - T \left(\frac{\partial E}{\partial T} \right)_P \right] = -zFa \quad (6)$$

Er-Te sistemi üçün bu qiymətlər (cədvəl 3) qatılıq dövrəsinin sağ və sol elektrodlarında erbiumun müvafiq parsial molyar funksiyalarının fərqləridir.

$$\Delta \bar{Z}_{\text{ErTe}} = \Delta \bar{Z}_{\text{Er}} (\text{Te - la daha zəngin xəliyərdə}) - \Delta \bar{Z}_{\text{Er}} (\text{ErTe}) \quad (7)$$

Burada, $Z \equiv G$ və ya H . Buna görə tədqiq olunan faza sahəsinə erbiumun parsial termodinamik funksiyalarını

$$\Delta \bar{Z} (\text{Er xəliyərdə}) = \Delta \bar{Z}_{\text{Er}} (\text{ErTe}) + \Delta \bar{Z}_{\text{ErTe}} \quad (8)$$

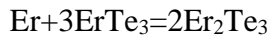
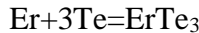
hesablamaq olar. Nəticələr cədvəl 4-də göstərilmişdir.

Cədvəl 4

Ln-Te sistemlərinin xəlitələrində lantanoidin parsial molyar funksiyaları (T = 298 K)

Faza sahəsi	$-\Delta \bar{G}_{Ln}$	$-\Delta \bar{H}_{Ln}$	$\Delta \bar{S}_{Ln}$
	kJ · mol ⁻¹		J · mol ⁻¹ · K ⁻¹
ErTe ₃ +Te	409.3±0.28	411.38±1.29	-6.97±2.51
Er ₂ Te ₃ +ErTe ₃	376.14±0.26	381.7±1.18	-18.65±2.18
ErTe ₃ +ErTe	276.36±0.12	283.59±0.60	-24.25±0.66
TmTe ₃ +Te	389.06±0.39	391.52±1.62	-8.25±4.27
Tm ₂ Te ₃ +TmTe ₃	359.07±0.40	365.11±1.67	-20.23±4.40
TmTe+ Tm ₂ Te ₃	261.31±0.22	267.62±0.92	-21.16±2.42

Faza diaqramına görə birləşmələrdə erbiumun parsial molyar termodinamik funksiyalarının qiymətləri aşağıdakı potensialmələğətirici reaksiyalarının termodinamik xarakteristikalarıdır:



Beləliklə, erbium telluridlərinin əmələ gəlmə standart termodinamik funksiyaları (9)-(11) tənliklərindən istifadə etməklə

$$\Delta_f Z^0 (\text{ErTe}_3) = \Delta \bar{Z}_{\text{Er}} \quad (9)$$

$$2\Delta_f Z^0 (\text{Er}_2\text{Te}_3) = \Delta \bar{Z}_{\text{Er}} + \Delta Z^0 (\text{ErTe}_3) \quad (10)$$

$$3\Delta_f Z^0(\text{ErTe}) = \Delta\bar{Z}_{\text{Er}} + \Delta Z^0(\text{Er}_2\text{Te}_3) \quad (11)$$

standart entropiyaları isə aşağıdakı ifadələr əsasında hesablanmışdır.

$$S^0(\text{ErTe}_3) = [\Delta\bar{S}_{\text{Er}} + S^0(\text{Er})] + 3S^0(\text{Te})$$

$$2S^0(\text{Er}_2\text{Te}_3) = [\Delta\bar{S}_{\text{Er}} + S^0(\text{Er})] + 3S^0(\text{Te})$$

$$3S^0(\text{ErTe}) = [\Delta\bar{S}_{\text{Er}} + S^0(\text{Er})] + S^0(\text{Te})$$

Termodinamik hesablamalarda, EHQ üsulu ilə aldığımız təcrübi nəticələrlə yanaşı elementar erbiyumun və tellurun standart entropiyalarına aid ədəbiyyat məlumatlarından da istifadə etmişik. Alınmış standart inteqral termodinamik funksiyaların qiymətləri cədvəl 5-də verilir. Bütün hallarda xətalər səhvləri toplamaqla hesablanmışdır. Tulium telluridlərinin inteqral termodinamik funksiyaları da oxşar qaydada təyin edilmişdir (cədv.5).

Cədvəl 5
Lantanoid tellurdilərinin standart inteqral termodinamik funksiyaları

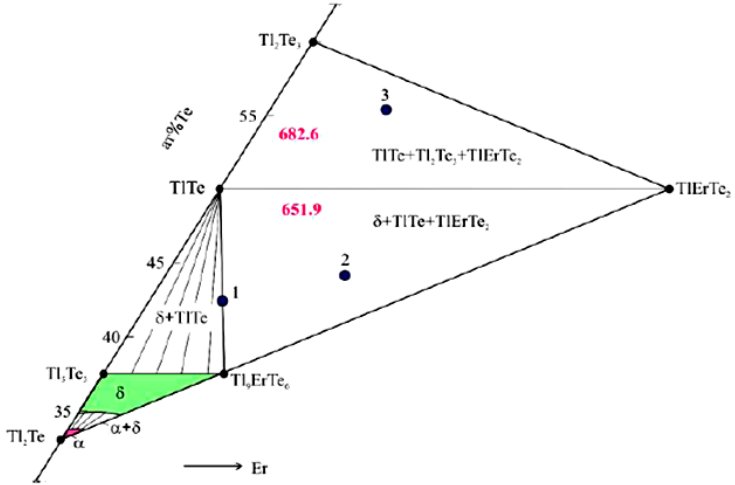
Tərkib	$-\Delta_f G^0_{(298K)}$	$-\Delta_f H^0_{(298K)}$	S^0_{298}
	kJ · mol ⁻¹		C · mol ⁻¹ · K ⁻¹
ErTe ₃	409.3±0.3	411.4±1.3	214.7±3.7
Er ₂ Te ₃	784.4±0.5	793.1±2.5	269.2±6.5
ErTe	353.6±0.3	358.9±0.6	106.0±2.6
TmTe ₃	389.1±0.41	411.4±1.3	214.3±5.1
Tm ₂ Te ₃	748.1±0.8774	756.6±3.3	268.1±9.7
TmTe	336.5±0.4	341.4±1.5	336.5±0.4

Dissertasiya içində Er₂Te₃ və Tm₂Te₃ birləşmələri üçün aldığımız termodinamik kəmiyyətlər ədəbiyyat məlumatları ilə müqayisəli təhlil edilmişdir. Digər birləşmələrin termodinamik funksiyaları isə bizim tərəfimizdən təcrübi olaraq ilk dəfə təyin olunmuşdur.

Binar sistemlər üçün aldığımız nəticələr Tl-Ln-Te sistemlərinin termodinamik funksiyalarının hesablanması zamanı istifadə olunmuşdur.

Tl-Ln-Te sistemlərinin termodinamik tədqiqi üzrə tədqiqatların rasionallanması üçün əvvəlcə Tl₂Te-Tl₂Te₃-TlLnTe₂ tərkib

sahəsində bərkfazlı tarazlıqları mənşələri müəyyən edilmişdir. Hər iki sistem üçün onlar keyfiyyətcə eynidir (şəkil 10). Tl_9LnTe_6 və $TlLnTe_2$ üçlü birləşmələrin termodinamik funksiyalarını təyin etmək üçün $Tl_2Te_3+TlTe+TlLnTe_2$, $TlTe+Tl_9LnTe_6+TlLnTe_2$ üçfazlı sahələrdə EHQ ölçmələrinin nəticələrindən istifadə etdik.



Şəkil 10. Tl_2Te - Tl_2Te_3 - $TlErTe_2$ alt sistemi üçün bərkfaza tarazlıqları diaqramı. Rəqəmlər üçfazlı sahələrdə dövrələrin EHQ (mV) qiymətlərini göstərir.

Cədvəl 6
 Tl - Ln - Te sistemlərinin ərintilərində $LnTe$ -un parsial termodinamik funksiyaları

Faza sahəsi	$-\overline{\Delta G}_{LnTe}$	$-\overline{\Delta H}_{LnTe}$	$\overline{\Delta S}_{LnTe}$ C/(mol·K)
	kJ/mol		
$Tl_2Te_3 + TlTe + TlErTe_2$	197.53 ± 0.19	190.91 ± 0.81	22.21 ± 2.13
$TlTe + Tl_9ErTe_6 + TlErTe_2$	188.28 ± 0.20	183.63 ± 0.85	16.88 ± 2.25
$Tl_2Te_3 + TlTe + TlTmTe_2$	206.02 ± 0.31	198.88 ± 1.30	23.97 ± 3.40
$TlTe + Tl_9TmTe_6 + TlTmTe_2$	196.42 ± 0.30	187.92 ± 1.23	28.48 ± 3.24

(2) tipli qatılıq dövrlərinin EHQ ölçmələrinin nəticələri əsasında hər iki sistemin müvafiq faza sahələrində LnTe-in parsial molyar funksiyaları hesablanmışdır (cədv.6). Bu kəmiyyətləri LnTe birləşmələrində lantanoidin müvafiq funksiyaları ilə kombine etməklə xəlitələrdə lantanoidin parsial termodinamik funksiyaları hesablanmışdır (cədv.7).

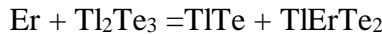
Həmin kəmiyyətlər əsasında TlLnTe₂ və Tl₉LnTe₆ birləşmələrinin standart inteqral termodinamik funksiyaları potensialəmələgətirici reaksiya metodu ilə hesablanmışdır.

Cədvəl 7

Tl-Ln-Te sisteminin ərintilərində Ln-un parsial termodinamik funksiyaları (T=298 K)

Faza sahəsi	$-\overline{\Delta G}_{Ln}$	$-\overline{\Delta H}_{Ln}$	$\overline{\Delta S}_{Ln}$
	kJ/mol		C/(mol·K)
Tl ₂ Te ₃ + TlTe + TlErTe ₂	473.9±0.4	474.5±1.5	-2.0±2.8
TlTe + Tl ₉ ErTe ₆ + TlErTe ₂	464.6±0.4	467.3±1.5	8.7±3.0
Tl ₂ Te ₃ + TlTe + TlTmTe ₂	467.33±0.5	466.50±2.2	2.78±5.8
TlTe + Tl ₉ ErTe ₆ + TlTmTe ₂	457.73±0.5	455.54±2.2	7.35±5.7

Bərkfaza tarazlıqları diaqramına görə (şəkil 10), erbiyumun Tl₂Te₃+TlTe+TlErTe₂ və TlTe+Tl₉ErTe₆+TlErTe₂ üçfazlı sahələrində parsial molyar funksiyalarının qiymətləri



potensialəmələgətirici reaksiyalarının termodinamik funksiyalarıdır (maddələr bərk haldadır).

Bu tənliklər əsasında, TlErTe₂ və Tl₉ErTe₆ üçlü birləşmələrinin standart əmələgəlmə termodinamik funksiyaları

$$\Delta_f Z^0(\text{TlErTe}_2) = \overline{\Delta Z}_{\text{Er}} + \Delta_f Z^0(\text{Tl}_2\text{Te}_3) - \Delta_f Z^0(\text{TlTe}) \quad (12)$$

$$\Delta_f Z^0(\text{Tl}_9\text{ErTe}_6) = 4\overline{\Delta Z}_{\text{Er}} + 12\Delta_f Z^0(\text{TlTe}) - 3\Delta_f Z^0(\text{TlErTe}_2) \quad (13)$$

(Z≡G,H), standart entropiyaları isə

$$S^0(\text{TlErTe}_2) = \overline{\Delta S}_{\text{Er}} + S^0(\text{Er}) + S^0(\text{Tl}_2\text{Te}_3) - S^0(\text{TlTe}) \quad (14)$$

$$S^0(\text{Tl}_9\text{ErTe}_6) = 4\overline{\Delta S}_{\text{Er}} + 4S^0(\text{Er}) + 12S^0(\text{TlTe}) - 3S^0(\text{TlErTe}_2) \quad (15)$$

tənlikləri üzrə hesablanmışdır.

(12)-(15) tənlikləri üzrə hesablamalar apararkən erbiyumun partial molyar funksiyalarından əlavə TlTe və Tl_2Te_3 birləşmələrinin standart inteqral termodinamik funksiyalarının ədəbiyyatda verilən qiymətləri istifadə edilmişdir (cədv.8). Oxşar hesablamalar Tl-Tm-Te sistemi üçün də aparılmışdır. Nəticələr cədvəl 8-də verilir.

Cədvəl 8

Tallium-lantanoid telluridlərinin standart inteqral termodinamik funksiyaları (T=298 K)

Birləşmə	$-\Delta_f G^0(298K)$	$-\Delta_f H^0(298K)$	$S^0(298K)$, $\text{C}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
	$\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$		
TlTe*	44.5±0.4	44.9±0.5	115.9±1.5
Tl_2Te_3^*	90.8±0.8	90.0±1.0	279.7±3.3
Tl_9ErTe_6	828.8±11.2	833.8±27.0	1013±5
TlErTe ₂	521.2±1.6	520.9±3.0	235±6.0
TlTmTe ₂	513.6±1.7	511.6±3.7	240.6±10.8
Tl_9TmTe_6	824.1±12.0	826.2±25.7	965.0±74.0

* - ədəbiyyat məlumatları

Nəticələr

1. DTA, RFA, SEM və EHQ metodları, həmçinin mikrobərqliyin ölçülməsilə həyata keçirilən fiziki-kimyəvi tədqiqatlar nəticəsində Tl-Ln-Te (Ln - Er, Tm) üçlü sistemlərinin Tl_2Te - Tl_2Te_3 - TlLnTe_2 qatılıq sahələrində və geniş temperatur intervalında ($T=300\div 1300$ K) faza tarazlıqlarına aid yeni nəticələr alınmışdır. Tl_2Te - Tl_5Te_3 - Tl_9LnTe_6 alt sistemlərinin T-x-y diaqramının bir sıra politermik və izotermik kəsikləri, həmçinin likvidus və solidus səthlərinin proyeksiyaları, Tl_2Te - Tl_2Te_3 - TlLnTe_2 tərkib sahəsi üçün isə 300K-də bərkfaza tarazlıqları diaqramları qurulmuşdur.

2. Müəyyən edilmişdir ki, Tl_9ErTe_6 və Tl_9TmTe_6 birləşmələri peritektik reaksiya üzrə parçalanmaqla müvafiq olaraq, 705, 745 K-də əriyirlər. Topas V3.0 kompüter programından istifadə etməklə ovuntu rentgenoqramlarının indekslənməsi göstərmişdir ki, Tl_9ErTe_6 və Tl_9TmTe_6 birləşmələri Tl_5Te_3 tipli tetraqonal quruluşda (F.qr.14/*mcm*) kristallaşırlar və müvafiq olaraq $a=8.8501(3)$, $c=12.952(2)$, $z=2$ və $a=8.9095(4)$, $c=12.7412(8)$ Å, $z=2$ qəfəs parametrlərinə malikdirlər.
3. Müəyyən olunmuşdur ki, Tl_9ErTe_6 və Tl_9TmTe_6 birləşmələri dəyişən tərkibli fazalar olub Tl_5Te_3 -lə fasiləsiz bərk məhlullar (δ -faza) əmələ gətirirlər. δ -fazanın homogenlik sahəsi Tl_5Te_3 - Tl_9LnTe_6 kəsiklərinin sərhədlərindən kənara çıxaraq Tl_2Te - Tl_5Te_3 - Tl_9LnTe_6 qatılıq üçbucağının sahəsinin 90%-dən çoxunu əhatə edir.
4. Tl_5Te_3 tipli tetraqonal quruluşa malik çoxkomponentli bərk məhlulların alınması məqsədilə Tl_2Te - Tl_9BiTe_6 - Tl_9ErTe_6 və Tl_5Te_3 - Tl_9BiTe_6 - Tl_9TmTe_6 sistemlərində faza tarazlıqları öyrənilmişdir. Bu sistemlərin likvidus və solidus səthlərinin proyeksiyaları, faza diaqramlarının bir sıra politermik və izotermik kəsikləri, həmçinin kristal qəfəs parametrlərinin və mikrobərkliyin tərkibdən asılılıq qrafikləri qurulmuşdur. Göstərilmişdir ki, Tl_2Te - Tl_9BiTe_6 - Tl_9ErTe_6 sistemi geniş, Tl_5Te_3 - Tl_9BiTe_6 - Tl_9TmTe_6 sistemi isə arasıkəsilməz bərk məhlulların əmələ gəlməsi ilə xarakterizə olunur, lakin Tl_9LnTe_6 birləşmələrinin inkonqruent əriməsi səbəbindən hər iki sistem bütövlükdə qeyri-kvaziüçlüdür.
5. Elektrodalara görə iki tip qatılıq dövrlərinin EHQ-nin ölçülməsilə Ln-Te (Ln-Er, Tm) sistemləri tədqiq edilmiş, onlarda $LnTe_3$, Ln_2Te_3 və $LnTe$ birləşmələrinin mövcudluğu təsdiq olunmuşdur. Ərintilərdə Ln və $LnTe$ -un parsial termodinamik funksiyaları, həmçinin qeyd edilən birləşmələrin standart əmələgəlmə Gibbs enerjiləri və entalpiyaları, həmçinin standart entropiyaları hesablanmışdır.
6. Tl-Er(Tm)-Te üçlü sistemlərinin bəzi faza sahələrində EHQ ölçmələri əsasında erbiyumun və tuliumun parsial molyar funksiyaları hesablanmışdır. Bərkfaza tarazlıqları diaqramları əsasında potensial-əmələgətirici reaksiyalar müəyyənləşdirilmiş və ilk dəfə olaraq

TlErTe₂, TlTmTe₂, Tl₉ErTe₆ və Tl₉TmTe₆ birləşmələrinin standart inteqral termodinamik funksiyalarına aid qarşılıqlı tənzimlənmiş nəticələr kompleksləri alınmışdır.

Dissertasiya işinin əsas nəticələri aşağıdakı elmi əsərlərdə dərc olunmuşdur:

1. Имамалиева С.З., Мехдиева И.Ф. Фазообразование в системе Tl₂Te-Tl₉TmTe₆ / Республиканская научная конференция, посвященная 80-летию юбилею института Катализа и Неорганической Химии имени М. Нагиева, 2016, с.64
2. Imamaliyeva S.Z., Mekhdiyeva I.F., Gasymov V.A., Babanlı M.B. Phase equilibria in the Tl₅Te₃-Tl₉BiTe₆-Tl₉TmTe₆ section of the Tl-Bi-Tm-Te quaternary system // Materials Research, 2017, v. 20, № 4, p.1057-1062
3. Imamaliyeva S.Z., Mekhdiyeva I.F., Amiraslanov I.R., Babanlı M.B. Phase equilibria in the Tl₂Te-Tl₅Te₃-Tl₉TmTe₆ section of the Tl-Tm-Te system // Phase equilibria and diffusion, 2017, v.38, issue 5, p. 764–770
4. Мехдиева И.Ф., Имамалиева С.З., Мирзоева Р.Дж., Бабанлы М.Б. Соединения типа Tl₉LnTe₆- новый класс термоэлектрических материалов с аномально низкой теплопроводностью / IX Международная научно-техническая конференция микро- и нанотехнологии в электронике, Нальчик, 2017, с.108-112
5. Alekbarzade G.I., Mekhdiyeva I.F., Mirzoyeva R.J., Imamaliyeva S.Z. Phase formation in Tl₄PbTe₃-Tl₉BiTe₆-Tl₉LnTe₆ (Ln-Sm, Tm) systems and some properties of solid solutions / 3rd International Turkic World Conference on Chemical Sciences and Technologies (ITWCCST 2017), Baku, 2017, p.259
6. Мехдиева И.Ф., Имамалиева С.З., Зломанов В.П., Бабанлы М.Б. Исследование систем Tl₅Te₃-Tl₉TmTe₆ и Tl₂Te-Tl₉TmTe₆ / Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasmm 94-cü ildönümünə həsr olunmuş "Müasir təbiət elmlərinin aktual problemləri", Gəncə, 2017, s.38-41
7. Имамалиева С.З., Мехдиева И.Ф., Амирасланов И.Р., Бабанлы М.Б. Исследование систем Tl₂Te-Tl₉ErTe₆ и Tl₅Te₃-Tl₉ErTe₆ //

- Thermodynamic and Thermo-physical Properties of Solids. 2018, №3, p.34-36
8. Mekhdiyeva I.F., Babanly K.N., Mahmudova M.A., Imamaliyeva S.Z. The Tl_9ErTe_6 - Tl_9BiTe_6 system and some properties of solid solutions // Azerbaijan Chemical Journal, 2018, №2, p.80-86
 9. Мехдиева И.Ф., Имамалиева С.З., Шукурова Г.М., Бабанлы М.Б. Твердые растворы со структурой Tl_5Te_3 в системе Tl - Bi - Er - Te / VIII Всероссийская конференция с международным участием «Физико-химические процессы в конденсированных средах и на межфазных границах – ФАГРАН-2018», Воронеж, 2018, с.438
 10. Mekhdiyeva I.F., Veliyeva G.M., Mirzoyeva A.M., Imamaliyeva S.Z. New solid solutions with Tl_5Te_3 structure in the system Tl - Bi - Er - Te / Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 95-ci ildönümünə həsr olunmuş Gənc Tədqiqatçıların II Beynəlxalq Elmi Konfransı, Bakı, BMU, 2018, s.156-157
 11. Mekhdiyeva I.F., Zavrjajnov A.Yu., Mirzoyeva R.J., Imamaliyeva S.Z. New non-stoichiometric phases with Tl_5Te_3 structure in the Tl_9ErTe_6 - Tl_9BiTe_6 system / Scientific conference “Nagiyev reading” dedicated to the 110th anniversary of academician M.Nagiyev, Baku, 2018, p.325
 12. Imamaliyeva S.Z., Mekhdiyeva I.F., Gasymov V.A., Babanly M.B. Tl - Bi - Er - Te System in the Composition Region Tl_2Te - Tl_9BiTe_6 - Tl_9ErTe_6 // Russian Journal of Inorganic Chemistry, 2019, v.64, № 7, p.907-913
 13. Mekhdiyeva I.F. Thermodynamic properties of erbium monoteluride // Azerbaijan Journal of Physics, 2019, v.25, №3, p.25-29
 14. Mekhdiyeva I.F., Babayeva P.H., Aliyev O.A., Zlomanov V.P., Imamaliyeva S.Z. Phase equilibria in the Tl_2Te - Tl_5Te_3 - Tl_9ErTe_6 system // New Materials, Compounds and Applications, 2019, v.3, №.3, p.142-149
 15. Mekhdiyeva I.F., Imamaliyeva S.Z., Sultanova S.Q., Babanly M.B. Thermodynamic properties of the Tl_9TmTe_6 and $TlTmTe_2$ compounds / XXII International conference on Chemical Thermodynamics in Russia, Saint Petersburg, RCCT-2019, p.203

16. Мехдиева И.Ф., Имамалиева С.З., Зломанов В.П., Бабанлы М.Б. Твёрдые растворы со структурой Tl_5Te_3 в системе $Tl_2Te-Tl_9BiTe_6-Tl_9ErTe_6$ / Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 96-cı ildönümünə həsr olunmuş "Müasir təbiət elmlərinin aktual problemləri", Gəncə, 2019, s 22-25
17. Imamaliyeva S.Z., Mekhdiyeva I.F., Babanly D.M., Zlomanov V.P., Taghiyev D.B., Babanly M.B. Solid-Phase Equilibria in the $Tl_2Te-Tl_2Te_3-TlErTe_2$ System and the Thermodynamic properties of the Tl_9ErTe_6 and $TlErTe_2$ compounds // Russian Journal of Inorganic Chemistry, 2020, т. 65, № 11, p.1762-1769
18. Imamaliyeva S.Z., Mehdiyeva I.F., Taghiyev D.B., Babanly M.B. Thermodynamic investigations of the erbium tellurides by EMF method // Physics and Chemistry of Solid State, 2020, v.21, №2, p.312-318
19. Mekhdiyeva I.F. Phase equilibria in the $TlTe-Tl_9ErTe_6$ system // Azerbaijan Chemical Journal, 2020, №2, p.74-77
20. Mehdiyeva I.F., Babayeva P.H., Zlomanov V.P., Imamaliyeva S.Z. $TlTe-Tl_2Te-Tl_9ErTe_6$ sistemində bərkfaza tarazlıqları / Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 97-ci ildönümünə həsr olunmuş "Müasir təbiət elmlərinin aktual problemləri", Gəncə, 2020, s.15-17
21. Mekhdiyeva I.F., Imamaliyeva S.Z., Babanly D.M., Taghiyev D.B., Babanly M.B., Gasymov V.A. Solid-Phase Equilibria and Thermodynamic Properties of Phases in the $Tm-Te$ System // Russian Journal of Physical Chemistry, 2021, v.95, №5, p. 926-932
22. Mekhdiyeva I.F. Phase equilibria in the $TlTe-Tl_9TmTe_6$ system // Azerbaijan Chemical Journal, 2021, №1, p.18-22

Məz B

Dissertasiyanın müdafiəsi 31 mart 2022-ci il tarixində saat 10⁰⁰ AMEA akad. M.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED1.15 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ 1143, Bakı şəhəri, H.Cavid prospekti, 113.

Dissertasiya ilə AMEA akad.M.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları www.kqkiamea.az rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat "25" fevral 2022-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 03.02. 2022

Kağızın formatı: 60x84^{1/16}

Həcm: 38 266

Tiraj: 100 nüsxə