

RECEPȚIONAT

Agenția Națională pentru Cercetare  
și Dezvoltare \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 2024

AVIZAT

Secția AȘM \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 2024

## RAPORT ȘTIINȚIFIC ANUAL 2024

privind implementarea proiectului din cadrul concursului  
*stimularea excelenței în cercetare*

Proiectul **Elucidarea termodinamică și prezicerea sinergismului chimic în procese chimice complexe**


Cifrul proiectului **24.80012.5007.19SE**

Prioritatea strategică **Tehnologii inovative, energie sustenabilă, digitalizare**

Rectorul

Igor ȘAROV

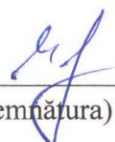
(numele, prenumele)

  
\_\_\_\_\_  
(semnătura)

Președintele Consiliul Științific

Georgeta STEPANOV


(numele, prenumele)

  
\_\_\_\_\_  
(semnătura)

Conducătorul proiectului

Igor POVAR

(numele, prenumele)

  
\_\_\_\_\_  
(semnătura)

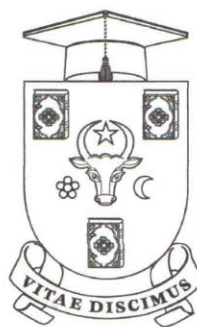


Chișinău 2024

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI  
CERCETĂRII AL  
REPUBLICII MOLDOVA

UNIVERSITATEA DE STAT  
DIN MOLDOVA

MD-2009, mun. Chișinău  
str. A.Mateevici 60  
tel.: (+373) 22244821, fax: 22244248  
www.usm.md, email: rector@usm.md



MINISTRY OF EDUCATION AND  
RESEARCH OF  
THE REPUBLIC OF MOLDOVA

MOLDOVA STATE UNIVERSITY

MD-2009, Chisinau  
A.Mateevici str. 60  
phone: (+373) 22244821, fax: 22244248  
www.usm.md, email: rector@usm.md

01/3216  
08.12.24

**CONSILIUL ȘTIINȚIFIC al USM**

**EXTRAS**

din proces-verbal nr.2  
al ședinței din 05 decembrie 2024  
a Consiliului Științific al Universității de Stat din Moldova

*Au fost prezenți: 14 membri din 15*

**Obiect de referință:**

*Aprobarea rapoartelor științifice anuale  
ale proiectelor stimularea excelenței în cercetare*

Ca urmare a prezentării publice se aprobă rezultatele științifice anuale (2024), obținute în cadrul proiectului stimularea excelenței în cercetare ***Elucidarea termodinamică și precizarea sinergismului chimic în procese chimice complexe***, cu cifrul 24.80012.5007.19SE, conducător de proiect **Igor POVAR**.

**Președintele Consiliului Științific  
profesor universitar**

**Secretar al ședinței**



**Georgeta Stepanov**

**Lilia Spînu**

## CUPRINS:

1. Scopul etapei 2024
2. Obiectivele etapei 2024
3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei 2024
4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei 2024
5. Rezultatele obținute
6. Diseminarea rezultatelor la foruri științifice
7. Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute în cadrul proiectului 2024
8. Colaborare la nivel național în cadrul implementării proiectului 2024
9. Colaborare la nivel internațional în cadrul implementării proiectului 2024
10. Dificultăți în realizarea proiectului: financiare, organizatorice, legate de resursele umane
11. Recomandări, propuneri
12. Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice publicate în anul 2024 (Anexa 1)
13. Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect 2024 în limba română și în limba engleză (Anexa 2)
14. Executarea devizului de cheltuieli din contractul de finanțare pentru anul 2024 (Anexa 3)
15. Componența echipei conform contractului de finanțare pentru anul 2024 (Anexa 4)

## 1. Scopul etapei 2024 conform proiectului depus la concurs (obligatoriu)

Scopul acestui proiect este investigarea fenomenului de sinergism în procesele chimice complexe printr-o abordare termodinamică riguroasă, pentru a facilita înțelegerea, predicția și aplicarea sinergismului în diverse domenii ale cercetării chimice și biochimice, precum și în industria farmaceutică, medicală și chimia organică sintetică. De asemenea, proiectul urmărește elucidarea efectelor sinergice în sisteme complexe. Printr-o înțelegere aprofundată a sinergismului și a condițiilor care îl favorizează sau inhibă, se va crea o bază solidă pentru predicția și controlul acestui fenomen în multiple aplicații practice. Un obiectiv central al proiectului este identificarea și evidențierea caracteristicilor comune ale proceselor chimice complexe din perspectiva sinergismului chimic. Totodată, proiectul propune o nouă abordare în dezvoltarea reactivilor și proceselor chimice, concentrându-se pe utilizarea amestecurilor sinergice ca alternativă la reactivii individuali costisitori și la procesele de reglementare asociate, promovând astfel o soluție mai eficientă și durabilă în proiectarea și aplicarea noilor procese chimice.

## 2. Obiectivele etapei 2024 (obligatoriu)

1. Elucidarea fenomenului de sinergism chimic: Scopul central este o înțelegere aprofundată a interacțiunilor și efectelor sinergice dintre diferiți agenți chimici în procesele chimice complexe. Aceasta presupune identificarea mecanismelor și condițiilor care favorizează sinergismul chimic și o caracterizare detaliată a acestora.
2. Analiza factorilor termodinamici: Proiectul își propune să investigheze influența celor trei parametri termodinamici esențiali - temperatura, presiunea și compoziția chimică - asupra fenomenului de sinergism. Se va examina modul în care variațiile acestor factori afectează formarea de compuși sau complecși micști și intensitatea sinergismului.

## 3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei 2024 (obligatoriu)

**Activitatea 1.** Va fi făcut un studiu bibliografic amplu cu cele mai recente lucrări pe tema „Procesele chimice sinergice”, „Sinergism chimic”. Se vor concepe și efectua calcule termodinamice a variației energiei Gibbs pentru a investiga comportamentul sistemelor selectate, cât și distribuția speciilor chimice sub diverse condiții de temperatură, presiune și compoziție chimică. În paralel, se va elabora un cadru teoretic pentru interpretarea rezultatelor experimentale existente din literatura științifică și pentru dezvoltarea modelelor predictive.

**Activitatea 2.** Vom participa la 2 conferințe internaționale.

**Activitatea 3.** Va fi organizată o prelegere publică în cadrul Institutului de Chimie al USM cu invitația specialiștilor din domeniu, a studenților, masteranzilor și doctoranzilor pentru a participa și a contribui la discuții și dezbateri.

**Activitatea 4.** Va fi efectuată o analiză preliminară a rezultatelor obținute din simulări teoretice în baza datelor experimentale existente. Se vor identifica primele tendințe și corelații între variabilele termodinamice și sinergismul chimic.

#### 4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei 2024 (obligatoriu)

1. A fost realizată o revizuire exhaustivă a literaturii existente privind fenomenul sinergismului chimic și proceselor chimice complexe în diverse domenii. Au fost consultate peste 80 de surse bibliografice pe tema „Procese chimice sinergice”, „Sinergism chimic”, care vor fi utilizate la perfectarea unui manuscris.

S-au efectuat calcule termodinamice avansate pentru a determina variația energiei Gibbs, analizând în detaliu comportamentul sistemelor selectate și distribuția speciilor chimice în funcție de diferite condiții de temperatură, presiune și compoziție chimică. Totodată, a fost elaborat un cadru teoretic bine fundamentat, care a facilitat interpretarea rezultatelor experimentale disponibile în literatura de specialitate și a contribuit la dezvoltarea unor modele predictive precise. Metodologia dezvoltată, bazată pe date termodinamice standard pentru echilibre complexe în extracția cu solvenți, ecuații de bilanț de masă și observații experimentale din sisteme eterogene de extracție lichid-lichid, permite evaluarea condițiilor în care apar fenomenele de sinergism și antagonism în timpul procesului experimental. Rezultatele obținute dintr-o varietate de sisteme eterogene studiate sunt în concordanță cu datele experimentale din literatura de specialitate. Prin urmare, această abordare oferă un cadru pentru prognoza teoretică a sinergismului și antagonismului chimic în condiții experimentale specifice, cum ar fi compoziția chimică și pH-ul sistemelor de extracție eterogenă lichid-lichid.

##### ***Review bibliografic (fragmente)***

Sistemele de extracție lichid-lichid (LLE) constau în general dintr-o fază apoasă cu substanța dizolvată și o fază organică ce conține un agent de extracție (extractant). La contact, extractantul interacționează cu substanța/substanțele din faza apoasă, formând adesea un complex care se dizolvă preferențial în faza organică. Extracția cu solvent este aplicată pe scară largă în procesele chimice pentru a separa și purifica diferite metale de pe întregul tabel periodic, incluzând elemente valoroase din blocul d (metale de tranziție) și blocul f (Liu et al. 2022; Alvial-Hein et al. 2021; Zou et al. 2022; Dourdain et al. 2022). Această tehnică este, de asemenea, folosită în tratarea apelor uzate, remedierea solurilor și în industriile biochimică, farmaceutică, petrochimică și de substanțe chimice speciale (Iloje 2020). În LLE a ionilor metalici, cele două faze trebuie să fie imiscibile, permițând amestecarea și separarea completă în condiții experimentale pentru a forma două faze distincte atunci când sunt combinate în orice proporție.

Extracția eficientă a ionilor metalici depinde de liganzii organici specifici, care se leagă selectiv de ionii țintă, formând complexe stabile ce sporesc solubilitatea acestora în faza organică, promovând astfel transferul lor din faza apoasă. Ca urmare, proiectarea acestor liganzi cu accent pe stabilitatea termodinamică a complexelor lor în faza organică reprezintă un domeniu cheie de cercetare, conducând la structuri sofisticate care sporesc complexarea, eficiența extracției și selectivitatea. Abordările teoretice pentru modelarea sistemelor de extracție lichid-lichid se concentrează de obicei pe aspecte precum echilibrul fazelor, proiectarea schemei tehnologice și optimizarea caracteristicilor de design și operare ale configurației procesului (Iloje 2020), însă deseori nu reușesc să abordeze echilibrele chimice complexe care au loc în aceste sisteme eterogene. Modelarea termodinamică a echilibrului lichid-lichid în sistemele de extracție cu solvent se bazează, de regulă, pe cadrul teoretic al energiei libere Gibbs, dar diferă în funcție de parametrii

fizici selectați și de metodele de calcul. Cele două abordări principale sunt minimizarea energiei Gibbs (GEM) (Iloje 2020; Gibbs 1878) și metodele bazate pe constanta de echilibru (K-value) (Mather 1986; Smith și Missen 1991). GEM calculează echilibrul lichid-lichid prin minimizarea energiei libere Gibbs a sistemului în raport cu distribuția speciilor între faze.

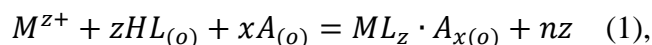
În anumite cazuri, utilizarea GEM pentru echilibrul lichid-lichid multicomponent poate prezenta provocări computaționale, deoarece implică gestionarea unor funcții obiectiv multivariaționale, neliniare și neconvexe, crescând probabilitatea obținerii de optima locale sau soluții non-fizice (Colon et al. 2013; Zhang et al. 2011). În contrast, abordarea K-value exprimă această minimizare în termenii constantelor de echilibru ale reacțiilor relevante. În extracția metalelor cu solvent, termenul "sinergism" se referă la situațiile în care un amestec de extractanți prezintă o eficiență de extracție mai mare decât cea anticipată doar prin adunarea capacităților individuale ale acestora (Atanassova 2022a). Deși IUPAC Gold Book (Gold 2014; Chalk 2019) recomandă adjectivul "sinergic", majoritatea cercetătorilor preferă termenul "sinergistic", utilizat în acest articol.

Extracția sinergistică reprezintă un domeniu de cercetare captivant în extracția lichid-lichid a speciilor metalice, având în vedere combinațiile posibile de liganzi cu proprietăți chimice diverse, care oferă o gamă largă de posibilități pentru o eficiență crescută a extracției. Deși aplicată pe scară largă și eficientă, fundamentele fenomenelor de sinergism și antagonism chimic (denumit și sinergism negativ) în extracția metalelor cu solvent nu sunt întotdeauna pe deplin înțelese. Sistemele de extracție sinergistică sunt compuse din două sau mai multe componente. Descrierea cantitativă a sistemelor de extracție sinergistică cu solvent este adesea dificilă în analiza echilibrului din cauza implicării unui număr relativ mare de specii (Atanassova 2022b). În extracția lichid-lichid, au loc simultan multiple procese, precum disocierea, asocierea, formarea complexelor metalice în ambele faze, hidroliza ionilor metalici în faza apoasă și distribuția speciilor moleculare între faze. Fiecare dintre aceste procese influențează comportamentul general al sistemului. Reacțiile de disociere și asociere în faza apoasă, în special, afectează concentrația efectivă a solutului țintă, care la rândul său influențează disponibilitatea acestuia pentru reacțiile de distribuție între faze sau complexare.

Cercetările ample realizate de-a lungul anilor au demonstrat că sinergismul este cel mai pronunțat atunci când un ligand acid (HL) și un ligand neutru (A) sunt utilizați în combinație, deși și alte combinații de liganzi pot fi eficiente (Atanassova 2022b). Datorită varietății de extractanți disponibili, clasificarea Healy (Healy, 1963) a devenit larg acceptată. Această clasificare organizează sistemele extractante sinergice în mai multe grupe: liganzi acizi (chelatori, anionici) și neutri, doi extractanți acizi, molecule cationice și neutre, compuși cationici și anionici, și doi reactivi cationici.

De obicei, combinația de liganzi acizi și neutri este cea mai simplă, bine înțeleasă și, adesea, extrem de eficientă. Se știe că asocierea unui extractant cu un donor neutru sau cu alt extractant poate influența semnificativ extracția ionilor metalici, conducând la fenomene precum sinergismul și antagonismul. În acest caz, fenomenul de sinergism implică deschiderea unuia sau a mai multor cicluri de chelați, permițând moleculei sau moleculelor aducte să ocupe noile site-uri de coordonare disponibile pe ionul metalic. Această lucrare se va concentra în mod special pe acest tip de combinație de extractanți.

În astfel de sisteme sinergice, compusul acid chelator HL suferă de obicei o deprotonare pentru a forma un ligand anionic  $L^-$ , care se leagă ulterior de ionul metalic ( $M^{z+}$ ). Un ligand neutru, denumit în mod obișnuit agent sinergic (A), poate satisface nevoile de coordonare rămase ale ionului metalic, deplasând moleculele de apă reziduale din sfera de coordonare a complexului metalic și sporindu-i solubilitatea în faza organică. Agentul neutru A nu trebuie să fie hidrofob și formează o legătură de coordonare mai slabă cu ionul metalic comparativ cu extractantul principal (chelant) HL. Acest proces poate fi ilustrat prin echilibrul general de extracție sinergică a metalului, astfel:

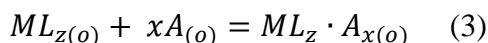


unde  $z$  este valența ionului metalic, iar  $x$  variază de obicei între 1 și 3.

Pornind de la ecuația de extracție pentru  $HL_{(o)}$  singur,



se ajunge la următoarea „reacție sinergică”:



Datele termodinamice pentru reacțiile de extracție individuale (1) și (2) permit calcularea valorilor corespunzătoare pentru reacția (3). Rolul de agent sinergic este adesea îndeplinit de moleculele HL nedisociate (formând auto-aducte) atunci când sunt prezente într-o concentrație suficientă în sistem. Un compus mixt de tipul constituie baza sinergismului, unde eficiența de extracție a metalului în sistemul mixt depășește efectele combinate ale componentelor sale individuale, datorită constantei de stabilitate asociate complexului mixt. Această afirmație este generală și se aplică sinergismului chimic în toate tipurile de sisteme chimice eterogene, nu doar în extracția solventului metalic (Povar și Spinu 2022; Povar și Spinu 2021a; Povar și Spinu 2021b; Povar 2021; Povar și Spinu 2015; Povar et al. 2013).

**Un compus mixt de tipul  $ML_z \cdot A_{x(o)}$  constituie baza sinergismului, unde eficiența de extracție a metalului în sistemul mixt depășește efectele combinate ale componentelor sale individuale, datorită constantei de stabilitate asociate complexului mixt. Această afirmație este generală și se aplică sinergismului chimic în toate tipurile de sisteme chimice eterogene, nu doar în extracția solventului metalic.**

În practică, este adesea mai convenabil să se utilizeze raportul de distribuție, un concept mai general care corelează concentrațiile totale ale ionului metalic ținând cont de faze:

$$D = \frac{\sum_i [M]_{o,i}}{\sum_i [M]_{aq,i}} \quad (4)$$

Aici, concentrația ionului metalic în fiecare formă chimică sau specie este reprezentată, cu „aq” și „org” indicând fazele apoasă și organică, respectiv. Raportul de distribuție poate fi corelat cu constanta de echilibru atunci când distribuția între faze corespunde unei reacții specifice de complexare.

Nu există o metodă universal acceptată pentru cuantificarea fenomenului sinergetic, iar orice abordare trebuie definită specific pentru fiecare caz. Efectul sinergetic este adesea exprimat prin

coeficientul de sinergie (SC):

$$D = \frac{\sum_i [M]_{o,i}}{\sum_i [M]_{a,q,i}} \quad (5)$$

unde  $D_1$ ,  $D_2$  și  $D_{1,2}$  reprezintă rapoartele de distribuție ale unui ion metalic între fazele organică și apoasă, atunci când se utilizează un singur extractant sau un amestec de extractanți, respectiv. **A fost determinat și formulat în premieră sensul fizic al coeficientului de sinergie, care este diferit de formularea existentă al IUPAC (Uniunea Internațională de Chimie Pură și Aplicată).**

Sinergismul în chimia extracției prin solvenți este adesea înțeles ca rezultând fie din substituirea moleculelor de apă atașate ionului metalic cu un ligand (A) care se leagă mai puternic, fie din creșterea shell-ului de coordonare al ionului metalic pentru a acomoda liganzi suplimentari.

Deși natura sinergismului chimic este bine definită în literatura științifică, pe baza datelor experimentale, nu există un consens în privința fenomenului opus sinergismului, cunoscut sub denumirea de antagonism sau antisinergism. Problema „antagonismului” rămâne controversată (Kertes 1971). Diverși autori oferă explicații diferite pentru acest fenomen. Primele observații ale antisinergismului au fost realizate de Blake et al. (1958) și Peppard et al. (1959) în sistemul acid alchil-fosforic-ester de fosfor, urmate de Healy et al. (1962) în sistemul HTTA-TBP (tenoiltrifluoroacetona/fosfat de tributil) atunci când extractantul neutru este adăugat în exces la un sistem sinergic. Agenții chelatori sunt cunoscuți ca acizi slabi, în timp ce donatorii neutri acționează ca baze, permițând interacțiuni posibile între aceștia în faza organică. Astfel de interacțiuni pot reduce concentrația de liganzi liberi, ceea ce poate duce la un efect antagonic în anumite cazuri. Healy (1963) a notat că gradul de antisinergism este influențat de cantitatea și natura agentului sinergic A.

2. Am participat cu lucrări la următoarele conferințe:

- a) 2nd International Joint Conference MARBLUE 2024 “Blue growth: challenges and opportunities for the Black Sea”, 23-25th October 2024, Constanța, România. Povar I., Spînu O. Synergistic chemical interactions of contaminant mixtures in oceanic waters.
- b) IasiCHEM 2024 Conference, 6th Edition ”Alexandru Ioan Cuza” University of Iasi, Romania, October 31st - November 1st, 2024.
- c) Ediția XXVII al Simpozionului Internațional “Environment and Industry” SIMI 2024, 19-20 Septembrie 2024, Constanta, Romania.
- d) Geo- and bioecological problems of the middle and lower Dniester River Basin, Tiraspol, November 15, 2024
- e) The 8th International Electronic Conference on Water Sciences session Numerical and Experimental Methods, Data Analyses, Digital Twin, IoT Machine Learning and AI in Water Sciences.

3. În luna decembrie va fi organizată o prelegere publică la Institutul de Chimie al USM, la care vor fi invitați specialiști din domeniu, studenți, masteranzi și doctoranzi, pentru a participa și a



contribui activ la discuții și dezbateri.

4. S-au efectuat calcule termodinamice avansate pentru a determina variația energiei Gibbs, analizând în detaliu comportamentul sistemelor selectate și distribuția speciilor chimice în funcție de diferite condiții de temperatură, presiune și compoziție chimică. Totodată, a fost elaborat un cadru teoretic bine fundamentat, care a facilitat interpretarea rezultatelor experimentale disponibile în literatura de specialitate și a contribuit la dezvoltarea unor modele predictive precise.

## 5. Rezultatele obținute (descriere narativă 3-5 pagini) (obligatoriu)

Au fost stabilite criteriile de evaluare a datelor termodinamice.

În acest studiu, fiabilitatea constantelor de echilibru publicate pentru formarea complexelor metal-ligand, utilizând diverse combinații de liganzi, a fost evaluată conform criteriilor stabilite în publicațiile anterioare IUPAC și rezumate în (Atanassova 2022a). Valorile recomandate sunt, de obicei, obținute prin compararea a cel puțin două studii independente de înaltă calitate care îndeplinesc aceste criterii. Datele care au trecut de criteriile preliminare de acceptare au fost apoi analizate pentru consistență, iar cele care au prezentat cea mai bună concordanță au fost selectate. Din păcate, pentru multe combinații metal-ligand studiate, nu a fost întotdeauna posibilă compararea rezultatelor din mai multe grupuri de cercetare independente în condiții experimentale identice. Un exemplu notabil în acest sens sunt studiile de extracție cu solvent implicând sistemele  $Zn^{2+}$  -  $Cl^{-}$  - TBP.

### *Calculule termodinamice a repartiției speciilor ionului metalic în faza apoasă și cea organică*

Metodologia elaborată, fundamentată pe date termodinamice standard ale echilibrelor complexe din procesele de extracție, ecuații de bilanț de masă și observații experimentale în sisteme eterogene lichid-lichid, permite identificarea condițiilor care favorizează manifestarea atât a fenomenelor de sinergism, cât și a celor de antagonism. Au fost analizate detaliat sistemele de extracție sinergică bine documentate, precum cele care utilizează un ligand chelator acid împreună cu un aduct neutru pe bază de fosfor, cum ar fi tributilfosfatul (TBP). Studiul sistemului  $Zn^{2+}$  - tenoiltrifluoroacetonă -TBP a oferit o înțelegere aprofundată a aspectelor termodinamice asociate fenomenelor de sinergism și antagonism. Prin aplicarea teoriei echilibrului chimic, autorii au identificat condițiile experimentale care determină aceste fenomene, contribuind la reducerea lacunelor din literatura de specialitate. A fost definit **indicele de sinergism (SI)**, iar rezultatele obținute dintr-o varietate de sisteme eterogene studiate sunt consistente cu datele experimentale din literatură. Această abordare oferă un cadru teoretic pentru prezicerea fenomenelor de **sinergism și antagonism** în condiții experimentale specifice, precum compoziția chimică și pH-ul sistemelor eterogene lichid-lichid. Rezultatele obținute oferă o bază solidă pentru dezvoltarea de procese chimice inovatoare și eficiente în industrii variate, inclusiv farmaceutică, biochimică și chimia analitică. Această cercetare deschide noi perspective în utilizarea amestecurilor sinergice ca alternativă la reactanții individuali costisitori, promovând o abordare sustenabilă în proiectarea proceselor chimice.

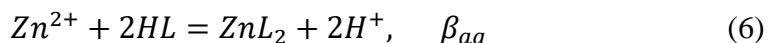
Au fost deduse formulele de calcul și efectuate calcule termodinamice a repartiției speciilor ionului metalic ( $Zn^{2+}$ ) în prezența ligandului chelat, a aductului neutru și a anionilor anorganici

de clor și tiocianat în faza apoasă și faza organică (benzen) pentru a investiga comportamentul sistemelor selectate în diverse condiții de pH și compoziție chimică. Au fost determinate condițiile experimentale în care fenomenul de sinergism se distruge și trece în antagonism.

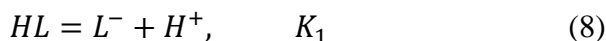
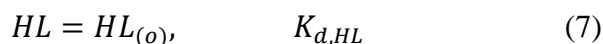
Metodologia dezvoltată, bazată pe date termodinamice standard pentru echilibre complexe în extracția cu solvenți, ecuații de bilanț de masă și observații experimentale din sisteme eterogene de extracție lichid-lichid, permite evaluarea condițiilor în care apar fenomenele de sinergism și antagonism în timpul procesului experimental. Rezultatele obținute dintr-o varietate de sisteme eterogene studiate sunt în concordanță cu datele experimentale din literatura de specialitate. Prin urmare, această abordare oferă un cadru pentru prognoza teoretică a sinergismului și antagonismului chimic în condiții experimentale specifice, cum ar fi compoziția chimică și pH-ul sistemelor de extracție eterogenă lichid-lichid.

S-a realizat o analiză preliminară a rezultatelor obținute din simulările teoretice, utilizând datele experimentale existente. Au fost identificate primele tendințe și corelații între variabilele termodinamice și sinergismul chimic.

#### **Formarea unui complex neutru cu ionul metalic în faza apoasă:**

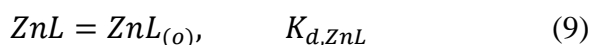


unde  $\beta_{aq}$  este constanta de stabilitate. Concentrația ligandului „liber” în forma sa anionică,  $[\text{L}^-]$ , este influențată de distribuția extractantului chelatant  $\text{HL}$  între faze și de disocierea sa în faza apoasă:



caracterizate de constanta de particulare  $K_{d,HL}$  și constanta de disociere  $K_1$  a extractantului.

#### **Transferul complexului din faza apoasă în faza organică prin particulare:**

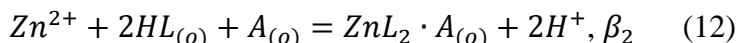
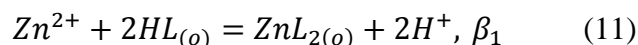


unde constanta de echilibru este echivalentă cu constanta de particulare  $K_d$ ,  $\text{ZnL}$ , cunoscută și ca constanta de distribuție.

#### **Transferul ligandului neutru în faza organică și formarea unui aduct în faza organică:**

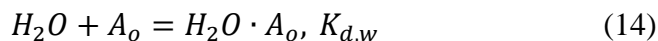
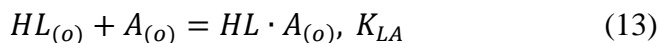


Pentru acest sistem, reacțiile de extracție (1) și (2) sunt exprimate astfel:



Aceste ecuații nu definesc complet reacțiile care pot juca un rol semnificativ într-un sistem dat. Ionul metalic tinde să interacționeze cu forma enolică, care predomină în general în solvenții organici.

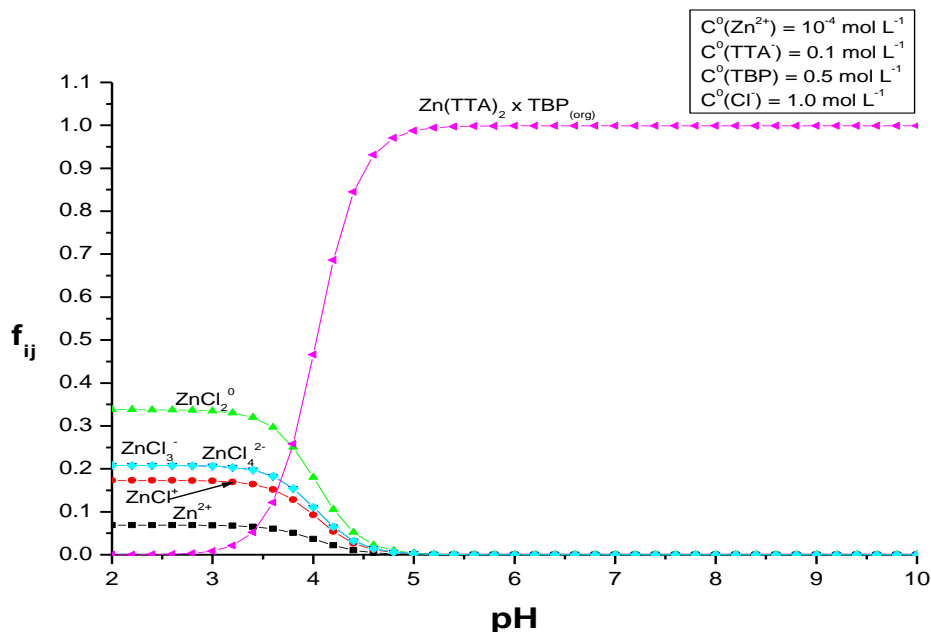
În plus, speciile  $\text{HTTA} \cdot \text{TBP}_{(\text{org})}$  și  $\text{TBP} \cdot \text{H}_2\text{O}_{(\text{org})}$  sunt adesea prezente în aceste sisteme conform ecuațiilor:



Au fost determinate criteriile de evaluare a datelor termodinamice tabelare.

Sistemul  $\text{Zn}^{2+} - \text{HTTA} - \text{TBP}$  a fost utilizat pentru a ilustra aspectele termodinamice esențiale ale fenomenelor sinergice și antagoniste. Au fost deduse formulele de calcul și efectuate calcule termodinamice a repartiției speciilor ionului metalic ( $\text{Zn}^{2+}$ ) în prezența ligandului chelat, a aductului neutru și a anionilor anorganici de clor și tiocianat în faza apoasă și faza organică (benzen) pentru a investiga comportamentul sistemelor selectate în diverse condiții de pH și compoziție chimică. Au fost determinate condițiile experimentale în care fenomenul de synergism se distruge și trece în antagonism.

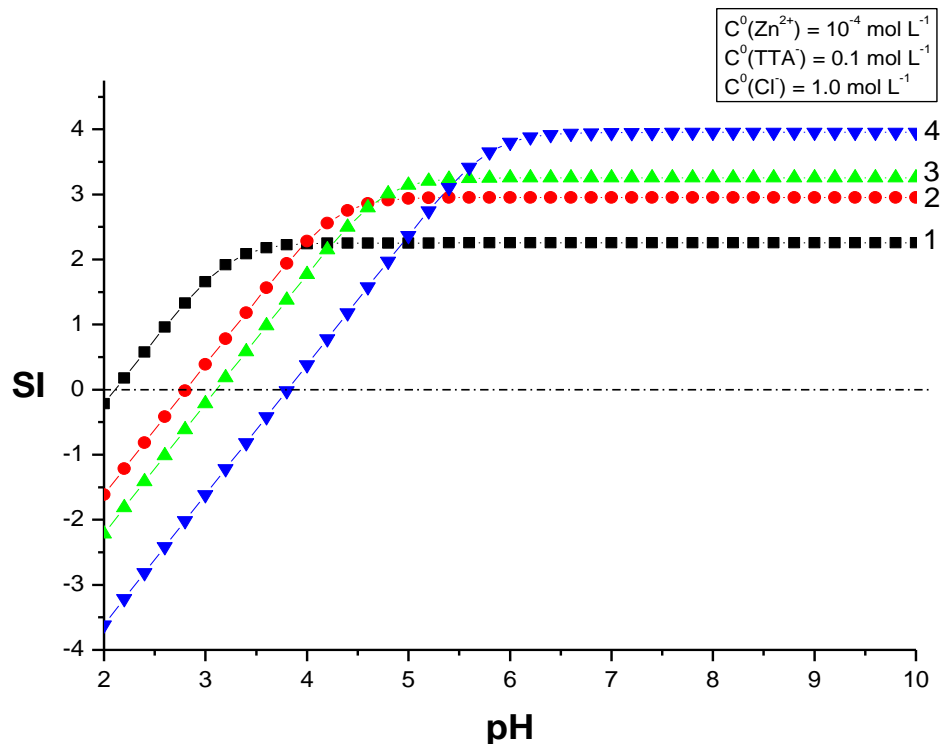
În Figura 1 sunt prezentate diagramele de distribuție a speciilor zincului pentru sistemul  $\text{Zn}^{2+} - \text{HTTA} - \text{TBP} - \text{Cl}$ . Figura 2 ilustrează calculul coeficientului de synergism corespunzător aceluiași compoziții chimice. Se observă că, într-un anumit interval de pH, sistemul prezintă un comportament de antagonism.



**Fig. 1.** Diagram of distribution of the  $\text{Zn}^{2+}$  containing species in the aqueous and organic (benzene) phases for the system

„ $\text{Zn}^{2+} - \text{HTTA} - \text{TBP} - \text{Cl}$ ”. Concentrations,  $\text{mol L}^{-1}$ :

$$C^0(\text{Zn}^{2+}) = 1 \cdot 10^{-4}; C^0(\text{HTTA}) = 0.1; C^0(\text{TBP}) = 0.5; C^0(\text{Cl}) = 1.0.$$



**Fig. 2.** The variation of the synergistic coefficient (SI) with pH for the system „ $Zn^{2+}$  - HTTA - TBP - Cl<sup>-</sup>”. Concentrations, mol L<sup>-1</sup>:  $C^0(Zn^{2+}) = 1 \cdot 10^{-4}$ ;  $C^0(HTTA) = 0.1$ ;  $C^0(Cl^-) = 1.0$ .  
 $C^0(TBP)$ : **1)** 0.1; **2)** 0.5; **3)** 1.0; **4)** 5.0.

#### Lista bibliografică necesară pentru manuscris

- ALVIAL-HEIN, Guillermo; MAHANDRA, Harshit; GHAREMAN, Ahmad. Separation and recovery of cobalt and nickel from end of life products via solvent extraction technique: A review. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 297: 126592.
- ATANASSOVA, Maria. Thenoyltrifluoroacetone: Preferable molecule for solvent extraction of metals—Ancient twists to new approaches. *Separations*, 2022a, 9.6: 154.
- ATANASSOVA, Maria. Assessment of the equilibrium constants of mixed complexes of rare earth elements with acidic (chelating) and organophosphorus ligands. *Separations*, 2022b, 9.11: 371.
- ATANASSOVA, M.; KURTEVA, V.; DUKOV, I. The interaction of extractants during synergistic solvent extraction of metals. Is it an important reaction? *RSC Adv.* 2016, 6, 81250–81265.
- ATANASSOVA, M.; KURTEVA, V. Synergism as a phenomenon in solvent extraction of 4f-elements with calixarenes. *RSC Adv.* 2016, 6, 11303–11324.
- BARBOSA, J.; BARRON, D.; BUTI, S.; MARQUES, I. Assignment of pHS values of reference buffer solutions for standardization of potentiometric sensors in THF–water. *Polyhedron*. 1999, 18, 3361–3367.
- BLAKE, C.A.; BAES, C.F.; BROWN, K.B.; COLEMAN, C.F.; WHITE, C. Proceedings of the Second United Nations International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy, Geneva, Switzerland, 1–13 September 1958; IAEA: Vienna, Austria, 1958; Volume 28, p. 289.
- CHALK, STUART. Renovating the IUPAC Gold Book for the Digital Era and the Next 100 Years. Abstracts of papers of the American Chemical Society. Vol. 257. 1155 16TH ST, NW, Washington, DC 20036 USA: ACS, 2019.

- CHOPPIN, G. R. Studies of the synergistic effect. *Separation Science and Technology*, 1981, 16.9: 1113-1126.
- DOURDAIN, S., ŠPADINA, M., REY, J., BOHINC, K., PELLET-ROSTAING, S., DUFRÊCHE, J. F., ZEMB, T. (2022). How acidity rules synergism and antagonism in liquid–liquid extraction by lipophilic extractants—Part I: determination of nanostructures and free energies of transfer. *Solvent Extraction and Ion Exchange*, 40(1-2), 86-105.
- GIBBS, J. On the Equilibrium of Heterogeneous Substances. *Am. J. Sci.* 1878, 16, 441–458
- GOLD, V. IUPAC Gold Book. In *Compendium of Chemical Terminology*; IUPAC: Zurich, Switzerland, 2014.
- HEALY, T.; PEPPARD, D.; MASON, G. Synergism in the solvent extraction of di, tri and tetravalent metal ions—III: Antisynergism with thenoyltrifluoroacetone. *J. Inorg. Nucl. Chem.* 1962, 24, 1429–1448.
- HEALY, T.V. Synergism with Thenoyltrifluoroacetone in the Solvent Extraction of Metallic Species. *Nucl. Sci. Eng.* 1963, 16, 413.
- ILOEJE, C. O. Modeling liquid–liquid extraction for critical elements separations: an overview. *Multidisciplinary Advances in Efficient Separation Processes*, 2020, 335-365.
- JOVE COLON, C. F.; MOFFAT, H. K.; RAO, R. R. Modeling of Liquid-Liquid Extraction (LLE) Equilibria Using Gibbs Energy Minimization (GEM) for the System TBP–HNO<sub>3</sub>–UO<sub>2</sub>–H<sub>2</sub>O–Diluent. *Solvent Extr. Ion Exch.* 2013, 31, 634–651.
- KERTES, A. S. The chemistry of solvent extraction. *Recent Advances in Liquid–Liquid Extraction*, 1971, 15-92.
- KOMULAINEN, T.; PEKKALA, P.; RANTALA, A.; JÄMSÄ-JOUNELA, S.-L. Dynamic Modelling of an Industrial Copper Solvent Extraction Process. *Hydrometallurgy* 2006, 81, 52–61.
- LIU W., SU H., ZHANG J., WANG L., LIU Y., LIANG J., ZHU Z., Synthesis of N-(2-ethylhexyl)- 506 pyridine-4-carboxamide and its synergistic behaviors with dinonylnaphthalene sulfonic acid 507 for the selective extraction of nickel and cobalt, *Sep. Purif. Technol.*, 286 (2022) 120385.
- MARCUS, Y.; KERTES, A. *Ion Exchange and Solvent Extraction of Metal Complexes*; Wiley-Interscience: New York, NY, USA, 1969.
- MATHER, A. E. Phase Equilibria and Chemical Reaction. *Fluid Phase Equilibria* 1986, 30, 83–100.
- MORRIS, D. F. C., SHORT, E. L. (1962). 512. Zinc chloride and zinc bromide complexes. Part II. Solvent-extraction studies with zinc-65 as tracer. *Journal of the Chemical Society (Resumed)*, 2662-2671.
- MUKERJEE, P.; OSTROW, J. D. Effects of added dimethylsulfoxide on pK<sub>a</sub> values of uncharged organic acids and pH values of aqueous buffers. *Tetrahedron Lett.* 1998, 39, 423–426.
- PEPARRD, D.; MASON, G.; SIRONEN, R. Isolation of neptunium as a mono octyl phosphoric acid complex by liquid-liquid extraction. *J. Inorg. Nucl. Chem.* 1959, 10, 117–127.
- POWELL, K. J., BROWN, P. L., BYRNE, R. H., GAJDA, T., HEFTER, G., LEUZ, A. K., ... WANNER, H. (2013). Chemical speciation of environmentally significant metals with inorganic ligands. Part 5: The Zn<sup>2+</sup> OH<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, and PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-systems (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*, 85(12), 2249-2311.
- POVAR, I.; SPINU, O. Thermodynamics of complex chemical equilibria in surfactant mixtures. *Tenside Surfactants Detergents*, 2022, 59.6: 474-484.
- POVAR, I., SPINU, O. Acid-Base Buffer Properties of Heterogeneous Multicomponent Extraction Systems. *Solvent Extraction and Ion Exchange*, 2015, 33, 196-209.
- POVAR, I.; KIRIYAK, L.; CAZAC, T. Synergic effects in catalytic systems Mo (VI)– hydroxyl-containing ligand–KClO<sub>3</sub>. *Canadian Journal of Chemistry*, 2013, 91.8: 721-726.
- POVAR I. Synergistic effects in chemical processes. International Symposium “The environment and the industry”, E-SIMI 2021, Book of abstracts, 121-122. DOI: <http://doi.org/10.21698/simi.2021.ab52>

- POVAR, I.; SPINU, O. a The nature of synergism in chemical processes. In: International Halich congress on multidisciplinary scientific research. October 29-30 2021, Istanbul, 2021, Second edition. 2, p. 69. ISBN 978-625-7464-45-1.
- POVAR, I., SPINU, O. b Necessary condition for the appearance of chemical synergism. In: Fundamental Research and Applied Developments in the Processes of Processing and Recycling of Technogenic Waste: TECHNOGEN – 2021, November 23-26, 2021, Yekaterinburg, Russia: Institute of Metallurgy of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2021, 5th edition, pp. 72-74. ISBN 978-5-907502-31-4. DOI: <https://doi.org/10.34923/technogen-ural.2021.41.83.015>
- RYDBERG, J.; CHOPPIN, G.; MUSIKAS, C.; SEKINE, T. Solvent Extraction Equilibria. In Solvent Extraction Principles and Practice, Revised and Expanded; CRC Press: 2004.
- SMITH, W. R.; MISSEN, R. W. Chemical Reaction Equilibrium Analysis: Theory and Algorithms, 2nd ed.; Krieger Publishing Company: 1991.
- TAGUSHI, S.; GOTO, K. Pre-Concentration Techniques for Trace Elements; Alfassi, Z.B., Wai, C.M., Eds.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 1989; p. 31.
- TAUBE, M.; SIEKIERSKI, S. General remarks on synergic effects in the extraction of uranium and plutonium compounds. *Nucleonica* 1961, 6, 489.
- THAKUR, N. V.; JAYAWANT, D. V.; IYER, N. S.; KOPPIKER, K. S. Separation of Neodymium from Lighter Rare Earths Using Alkyl Phosphonic Acid, PC 88A. *Hydrometallurgy* 1993, 34, 99–108.
- ZHANG, C., ZHANG, X. (1995). Rare earth extractive metallurgy: Principle and process. Beijing: Metallurgy Industrial Press.
- ZHANG, H.; BONILLA-PETRICIOLET, A.; RANGAIAH, G. P. A Review on Global Optimization Methods for Phase Equilibrium Modeling and Calculations, 2011.
- ZHANG, J.; ZHAO, B.; SCHREINER, B. Separation Hydrometallurgy of Rare Earth Elements; Springer International Publishing: Switzerland, 2016.
- ZOU, D., DENG, Y., CHEN, J., LI, D. (2022). A review on solvent extraction of scandium. *Journal of Rare Earths*, 40(10), 1499-1508.

## 6. Diseminarea rezultatelor la foruri științifice

1. 2nd International Joint Conference MARBLUE 2024 “Blue growth: challenges and opportunities for the Black Sea”, 23-25th October 2024, Constanța, România. Povar I., Spînu O. Synergistic chemical interactions of contaminant mixtures in oceanic waters.
2. IasiCHEM 2024 Conference, 6th Edition ”Alexandru Ioan Cuza” University of Iasi, Romania, October 31st - November 1st, 2024.
3. Ediția XXVII al Simpozionului Internațional “Environment and Industry” SIMI 2024, 19-20 Septembrie 2024, Constanta, Romania.

## 7. Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute în cadrul proiectului (obligatoriu)

Rezultatele obținute vor avea aplicații directe în chimia analitică, farmaceutică, medicală și chimia organică sintetică. În special:

- a) **Optimizarea proceselor industriale:** Utilizarea amestecurilor sinergice poate reduce costurile de producție și crește eficiența proceselor.
- b) **Dezvoltarea de noi reactivi și produse:** Sinergismul oferă o alternativă sustenabilă la reactivii costisitori, promovând inovații în producția chimică și farmaceutică.
- c) **Contribuții la sustenabilitate:** Reducerea consumului de resurse și a impactului asupra mediului prin utilizarea amestecurilor sinergice.

**8. Colaborare la nivel național** N/A

**9. Colaborare la nivel internațional** în cadrul implementării proiectului (opțional)

**10. Dificultățile în realizarea proiectului:** financiare, organizatorice, legate de resursele umane etc. (opțional) N/A

**11. Recomandări, propuneri** (opțional). N/A

- Acces limitat la literatura de specialitate disponibilă pe platformele online, spre deosebire de facilitățile oferite în alte universități din UE, SUA și Canada.
- Insuficiența fondurilor pentru asigurarea salarizării corespunzătoare a executantului în cadrul proiectului, cercetătorului științific Oxana Spînu.
- **Vă rog să mă ajutați cu clarificarea următoarei întrebări: Este posibilă alocarea fondurilor pentru salarizarea executantului din alte linii bugetare? Dacă da, care ar fi acestea?**

Conducătorul de proiect  dr. hab. Povar Igor

semnătura

Data: 26.11.24

L.Ș.



**Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice  
publicate în anul 2024 în cadrul proiectului**

*Elucidarea termodinamică și prezicerea sinergismului chimic în procese chimice complexe  
(TERMOSIN)*

**1. Monografii**

**2. Capitole în monografii naționale/internaționale**

**3. Editor culegere de articole, materiale ale conferințelor naționale/internaționale**

**4. Articole în reviste științifice**

**5. Articole în culegeri științifice naționale/internaționale**

5.1. culegeri de lucrări științifice editate peste hotare

5.2 culegeri de lucrări științifice editate în Republica Moldova

**6. Articole în materiale ale conferințelor științifice**

6.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

6.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

6.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

6.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

**7. Teze ale conferințelor științifice**

7.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

1. POVAR, I., SPINU, O. Thermodynamic analysis and prediction of chemical synergy in complex aqueous chemical processes. In: Proceedings of the *8th International Electronic Conference on Water Sciences*, 14–16 October 2024, MDPI: Basel, Switzerland, 18902. <https://sciforum.net/paper/view/18902>; <https://sciforum.net/manuscripts/18902/slides.pdf>
2. POVAR, I., SPINU, O. Synergistic chemical interactions of contaminant mixtures in oceanic waters. In: Book of Abstracts of the *2nd International Joint Conference „BLUE GROWTH: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES FOR THE BLACK SEA”*, 23-25th October, 2024, Constanta, Romania, p. 41. [https://www.marblue.ro/Book\\_of\\_Abstracts\\_MARBLUE\\_2024.pdf](https://www.marblue.ro/Book_of_Abstracts_MARBLUE_2024.pdf)
3. POVAR, I., SPINU, O., ZINICOVSCAIA, I. An original thermodynamic assessment of wastewater composition in tannery operations. In: Book of Abstracts of the *International Symposium “The Environment and the Industry”*, SIMI 2024, September 19-20, Constanta, Romania, pp. 44-45. <http://doi.org/10.21698/simi.2024.ab16>; <https://www.simiecoind.ro/wp-content/uploads/2024/09/16.pdf>



7.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

7.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

1. POVAR I., SPINU O., VISNEVSCHI A. Thermodynamic analysis of synergistic interactions in the optimization of phosphorus recovery from wastewater through struvite crystallization, In: Proceedings of the *Scientific Conference with International Participation „Geo- and bioecological problems of the middle and lower Dniester River Basin”*, November 15, 2024, Tiraspol, Republic of Moldova, 99. 161-166. ISBN 978-9975-89-320-6. <https://eco-tiras.org/docs/Dniester-Conf-2024-proceedings.pdf>

7.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

**Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect în anul 2024**

Scopul acestui proiect este investigarea sinergismului în procesele chimice complexe printr-o abordare termodinamică riguroasă, cu aplicații în chimie, biochimie și industriile farmaceutică, medicală și chimică. Cercetările s-au concentrat pe elucidarea interacțiunilor sinergice, identificarea condițiilor ce favorizează sau inhibă acest fenomen și promovarea amestecurilor sinergice ca alternativă sustenabilă la reactanții individuali costisitori. Printr-o înțelegere aprofundată a fenomenelor de sinergism și antagonism, proiectul urmărește dezvoltarea de procese chimice eficiente, cu impact redus asupra mediului.

A fost dezvoltată o metodologie complexă, bazată pe date termodinamice standard, ecuații de bilanț de masă și observații experimentale, pentru evaluarea condițiilor în care sinergismul și antagonismul se manifestă în timpul proceselor de extracție. Studiile teoretice și experimentale au vizat sisteme bine documentate, precum  $Zn^{2+}$ -tenoiltrifluoroacetonă-TBP, oferind informații detaliate despre distribuția speciilor chimice între faza apoasă și faza organică (benzen) în funcție de pH, temperatură și compoziție chimică. Analiza acestor sisteme a permis definirea unui indice de sinergism (SI) pentru cuantificarea fenomenului și identificarea condițiilor care determină tranziția de la sinergism la antagonism.

Calcululele termodinamice avansate și simulările teoretice au oferit o înțelegere detaliată a comportamentului sistemelor selectate, validând metodologia propusă prin corelarea rezultatelor cu datele experimentale din literatura de specialitate. Rezultatele obținute constituie o bază solidă pentru prezicerea fenomenelor de sinergism și antagonism în diverse condiții experimentale, cum ar fi compoziția chimică și pH-ul sistemelor eterogene lichid-lichid.

Aplicabilitatea rezultatelor se extinde în mai multe domenii:

**Optimizarea proceselor industriale** – Utilizarea amestecurilor sinergice poate reduce semnificativ costurile de producție și crește eficiența proceselor chimice.

**Dezvoltarea de noi reactivi și produse** – Sinergismul chimic reprezintă o alternativă viabilă la reactanții costisitori, promovând inovații în industriile farmaceutică și chimică.

**Sustenabilitate** – Reducerea consumului de resurse și a impactului ecologic prin utilizarea amestecurilor sinergice în locul proceselor convenționale mai puțin eficiente.

Proiectul a inclus și diseminarea rezultatelor în cadrul a trei conferințe internaționale: MARBLUE 2024 (Constanța, România), IasiCHEM 2024 (Iași, România) și SIMI 2024 (Constanța, România) și una națională cu participare internațională (Tiraspol 2024). Participarea la aceste evenimente a facilitat schimbul de idei și colaborări cu experți în domeniu, contribuind la avansarea cercetării în sinergismul chimic.

Prin aplicarea acestei metodologii, rezultatele proiectului oferă un cadru inovativ pentru designul și implementarea proceselor chimice durabile, având implicații semnificative în chimia analitică, farmaceutică, biochimie și chimia organică sintetică. Aceste contribuții sprijină dezvoltarea unui model sustenabil pentru utilizarea resurselor și reducerea impactului asupra mediului, răspunzând provocărilor actuale din cercetarea chimică și industrială.

## Summary

The goal of this project is to investigate synergism in complex chemical processes through a rigorous thermodynamic approach, with applications in chemistry, biochemistry, and the pharmaceutical, medical, and chemical industries. The research focuses on elucidating synergistic interactions, identifying conditions that favor or inhibit this phenomenon, and promoting synergistic mixtures as sustainable alternatives to costly individual reactants. By deepening the understanding of synergism and antagonism phenomena, the project aims to develop efficient chemical processes with a reduced environmental impact.

A comprehensive methodology has been developed, based on standard thermodynamic data, mass balance equations, and experimental observations, to evaluate the conditions under which synergism and antagonism manifest during extraction processes. Theoretical and experimental studies targeted well-documented systems, such as  $Zn^{2+}$ -thenoyltrifluoroacetone-TBP, providing detailed insights into the distribution of chemical species between the aqueous and organic (benzene) phases as a function of pH, temperature, and chemical composition. The analysis of these systems allowed for the definition of a synergism index (SI) to quantify the phenomenon and identify the conditions triggering the transition from synergism to antagonism.

Advanced thermodynamic calculations and theoretical simulations provided an in-depth understanding of the behavior of selected systems, validating the proposed methodology through the correlation of results with experimental data from the literature. The findings offer a robust foundation for predicting synergism and antagonism phenomena under various experimental conditions, such as the chemical composition and pH of heterogeneous liquid-liquid systems.

The applicability of the results spans multiple fields:

- Optimization of industrial processes – The use of synergistic mixtures can significantly reduce production costs and increase the efficiency of chemical processes.
- Development of new reagents and products – Chemical synergism offers a viable alternative to expensive reactants, fostering innovation in the pharmaceutical and chemical industries.
- Sustainability – Reducing resource consumption and environmental impact through the use of synergistic mixtures instead of less efficient conventional processes.

The project also included dissemination of the results at three international conferences: MARBLUE 2024 (Constanța, Romania), IasiCHEM 2024 (Iași, Romania), and SIMI 2024 (Constanța, Romania) and one national conference with international participation (Tiraspol 2024). Participation in these events facilitated the exchange of ideas and collaborations with experts in the field, advancing research in chemical synergism.

By applying this methodology, the project findings provide an innovative framework for the design and implementation of sustainable chemical processes with significant implications in analytical chemistry, pharmaceuticals, biochemistry, and synthetic organic chemistry. These contributions support the development of a sustainable model for resource utilization and environmental impact reduction, addressing current challenges in chemical and industrial research.

Conducătorul de proiect  dr. hab. Povar Igor

semnătura

Data: 26.11.24

L.Ș.



**Executarea devizului de cheltuieli,  
conform anexei nr. 2.3 din contractul de finanțare pentru anul 2024**

**Cifrul proiectului: 24.80012.5007.19SE**

<b>Cheltuieli, mii lei</b>				
<b>Denumirea</b>	<b>Cod</b>		<b>Anul de gestiune</b>	
	<b>Eco (k6)</b>	<b>Aprobat</b>	<b>Modificat +/-</b>	<b>Precizat</b>
Deplasări in interiorul țării	222710	3,7		3,7
Deplasări de serviciu peste hotare	222720	46,1		46,1
Servicii de cercetări științifice contractate	222930	40,1		40,1
Cheltuieli curente neatribuite la alte categorii	281900	6,0		6,0
<b>Total</b>		<b>95,9</b>		<b>95,9</b>

Conducătorul organizației Igor ȘAROV


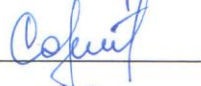

Contabil șef Liliana COJOCARU

Conducătorul de proiect Igor POVAR

Data: 10.12.2024

LȘ



## Compoziția echipei conform contractului de finanțare 2024

Cifra proiectului 24.80012.5007.19SE

Echipa proiectului conform contractului de finanțare (la semnarea contractului) pentru 2024						
Nr	Nume, prenume (conform contractului de finanțare)	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării	Data eliberării
1.	Povar Igor	1961	Dr. hab.	0,5	15.07.2024	31.12.2024

Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2024					
Nr	Nume, prenume	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării
1.					

Conducătorul organizației Igor ȘAROVContabil șef Liliana COJOCARUConducătorul de proiect Igor POVARData: 10.12.20

LȘ



11,  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_