

# STUDII ASUPRA PROCESULUI DE DEPOLUARE A SOLULUI CONTAMINAT CU COMPUȘI AI MERCURULUI

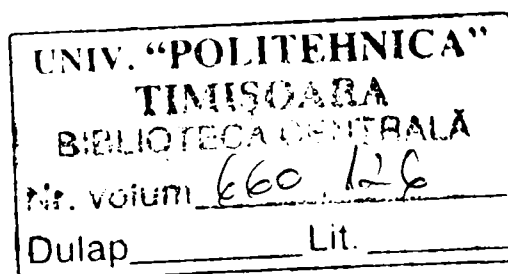
Teză destinată obținerii  
titlului științific de doctor inginer  
la Universitatea "Politehnica" din Timișoara  
în domeniul INGINERIE CHIMICĂ  
de către

**Ing. Mihaela Andoni**

Conducător științific:  
Referenți științifici:

prof. univ. dr. ing Aurel Iovi  
prof. univ. dr. ing. Dan Ciubotariu  
C.S.I. dr. ing. Cecilia Savii  
prof. univ. dr.ing. Rodica Pode

Ziua susținerii tezei: 02.06.2008



Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- |                        |   |
|------------------------|---|
| 1. Automatică          | 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații |
| 2. Chimie              | 8. Inginerie Industrială                    |
| 3. Energetică          | 9. Inginerie Mecanică                       |
| 4. Ingineria Chimică   | 10. Știința Calculatoarelor                 |
| 5. Inginerie Civilă    | 11. Știința și Ingineria Materialelor       |
| 6. Inginerie Electrică |   |

Universitatea „Politehnica” din Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul școlii doctorale a universității. Seriile conțin, potrivit H.B.Ex.S Nr. 14 / 14.07.2006, tezele de doctorat susținute în universitate începând cu 1 octombrie 2006.

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2008

Această publicație este supusă prevederilor legii dreptului de autor. Multiplicarea acestei publicații, în mod integral sau în parte, traducerea, tipărirea, reutilizarea ilustrațiilor, expunerea, radiodifuzarea, reproducerea pe microfilme sau în orice altă formă este permisă numai cu respectarea prevederilor Legii române a dreptului de autor în vigoare și permisiunea pentru utilizare obținută în scris din partea Universității „Politehnica” din Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,  
tel. 0256 403823, fax. 0256 403221  
e-mail: editura@edipol.upt.ro

# Cuvânt înainte

## Cuvânt înainte

Prin tema abordată, lucrarea se înscrie în frontul acțiunilor din ce în ce mai largi privind protejarea și conservarea mediului. Contribuțiile originale teoretice și practice sunt de mare actualitate. Ele vizează elaborarea de procese nepoluante, care au ca obiective, pe de o parte, depoluarea solului contaminat cu compuși ai mercurului, iar pe de altă parte, protecția mediului.

Unul dintre factorii poluanți ai mediului îl constituie mercurul. Acesta poate fi toxic, atât sub formă elementară, cât și sub forma combinațiilor anorganice și mai ales organice. Combinațiile anorganice se elimină din organism, afectând însă unele organe interne cum sunt ficatul și rinichii, dar compușii organici ai mercurului nu se elimină. Ei se acumulează în organism, iar efectul lor cumulativ devine evident după câțiva ani. De aceea se fac studii asupra mecanismelor de acțiune a mercurului. Este importantă stabilirea unor procedee de depoluare a mediului deoarece s-a constatat o tot mai mare acumulare a compușilor cu mercur, care reprezintă un real factor de risc.

În această lucrare se stabilesc condițiile optime de extracție a compușilor cu mercur dintr-un sol contaminat folosind diverși reactivi, printr-un procedeu discontinuu și printr-un procedeu continuu. Soluțiile rezultate la extracția mercurului au fost purificate..

În cazul *procedeeului discontinuu* cercetările experimentale efectuate au avut drept scop stabilirea condițiilor optime ale procesului de eliminare a mercurului din sol, respectiv realizarea unui grad maxim de extragere a mercurului (decontaminare optimă), folosind în acest scop soluții de concentrații bine definite de: Na-EDTA, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, KI acidă, KI neutră și KI bazică. Extracția mercurului din sol se bazează pe capacitatea acestor reactivi de a forma combinații complexe.

În cazul *procesului continuu* s-a folosit o coloană în care s-a introdus sol contaminat cu mercur. Pentru decontaminarea solului s-a folosit o soluție de KI 0,1M cu un pH bine definit. Din soluția colectată s-au luat probe, determinându-se concentrația mercurului extras. Analiza s-a efectuat prin spectrofotometrie de absorbție atomică folosindu-se un spectrofotometru VarianSpectrAA 110.

În final apele rezultate de la decontaminarea solului au fost purificate cu ajutorul schimbătorului de ioni.

Pe baza datelor experimentale s-a propus schema tehnologică a unui proces nepoluant care asigură, pe de o parte, depoluarea solului contaminat cu compuși ai mercurului, iar pe de altă parte, protecția mediului în scopul păstrării echilibrului ecologic.

Timișoara, iunie 2008

Ing. Mihaiela Andoni

Andoni, Mihaela

**Studii asupra procesului de depoluare a solului contaminat cu compuși ai mercurului**

Teze de doctorat ale UPT, Seria 4, Nr. 15, Editura Politehnica, 2008, 206 pagini, 157 figuri, 189 tabele.

ISSN: 1842-8223

ISBN: 978-973-625-630-1

Cuvinte cheie:

mercur, decontaminarea solului, protecția mediului, extracție, schimbător de ioni.

Rezumat:

În această lucrare se stabilesc condițiile optime de extracție a compușilor cu mercur dintr-un sol contaminat folosind diverși reactivi, printr-un procedeu discontinuu și printr-un procedeu continuu. Soluțiile rezultate la extracția mercurului au fost purificate.

S-a recoltat sol de tip cernoziom cambic din orașul Timișoara. Acesta a fost contaminat în laborator cu cantități variabile de mercur sub forma de  $HgCl_2$  ținând cont de ordinul de mărime al concentrațiilor de sol contaminat aflat în zone poluate cu mercur cum ar fi zona Râmnicu-Vâlcea.

Depoluarea solului s-a efectuat cu ajutorul unui *procedeu discontinuu* și a unui *procedeu continuu*. Cercetările experimentale efectuate au avut drept scop stabilirea condițiilor optime ale procesului de eliminare a mercurului din sol. În acest scop s-a stabilit dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție, în funcție de: dimensiunea particulelor de sol, natura soluțiilor de extracție utilizate, timpul de agitare și raportul L : S.

În final apele rezultate de la decontaminarea solului au fost purificate cu ajutorul *schimbătorului de ioni*.



# CUPRINS

INTRODUCERE .....	7
PARTEA I . STUDII TEORETICE.....	9
CAPITOLUL 1 , MERCURUL ȘI MEDIUL ÎNCONJURĂTOR.....	11
1.1.Istoricul mercurului .....	11
1.2.Răspândirea mercurului în mediu.....	11
1.3. Combinațiile mercurului .....	12
1.3.1.Combinațiile mercurului în stare de oxidare +1 (combinațiile mercuruoase) .....	12
1.3.2. Reacțiile sărurilor mercuruoase.....	13
1.3.3.Combinațiile mercurului în stare de oxidare +2 (combinațiile mercurice) .....	14
1.3.4. Reacțiile sărurilor mercurice .....	17
1.4.Proprietățile fizice și chimice ale mercurului .....	19
1.5.Metode de obținere a mercurului.....	19
1.5.1.Obținerea mercurului din surse primare de mercur .....	19
1.5.2. Obținerea mercurului din surse secundare.....	20
1.5.2.1. Recuperare prin complexare .....	20
1.5.2.2. Recuperare prin schimb ionic.....	23
1.5.2.3. Recuperare prin procese de adsorbție pe diferite materiale ...	23
1.5.2.4. Recuperare prin metode electrochimice.....	23
1.6. Utilizările mercurului .....	24
CAPITOLUL 2. POLUAREA CU MERCUR .....	25
2.1. Surse de poluare .....	25
2.2. Efectele mercurului .....	25
2.2.1. Efectele asupra omului .....	25
2.2.1.1. Studii epidemiologice .....	25
2.2.1.2. Studii clinice .....	26
2.2.1.3. Patologia intoxicației cu mercur .....	28
2.2.2. Efecte asupra mediului înconjurător.....	29
2.2.2.1. Efecte asupra mediului acvatic.....	29
2.2.2.2. Efecte asupra mediului terestru .....	29
2.3. Procese de depoluare a mediului înconjurător poluat cu mercur .....	30
2.3.1. Izolarea zonei contaminate .....	30
2.3.2. Procedee de separare .....	31
2.3.3. Remedierea electrochimică .....	32
2.3.4. Remedierea fotocatalitică .....	33
2.3.5. Remedierea prin procese biochimice.....	34
2.3.6. Fitoremedierea.....	34
2.3.7. Remedierea solurilor prin spălare cu diverși agenți .....	36
PARTEA a II-a CERCETĂRI EXPERIMENTALE.....	37
CAPITOLUL 3. STUDII PRIVIND PROCESUL DE ELIMINARE A MERCURULUI DIN SOL PRINTR-UN PROCEDEU DISCONTINUU .....	39
3.1. Modul de lucru.....	39
3.2. Rezultate experimentale .....	40
3.2.1. Analiza probelor de sol .....	40

3.2.2. Studii privind eliminarea mercurului din sol utilizând soluție de Na-EDTA 0,1M .....	40
3.2.2.1. Influența timpului de agitare .....	40
3.2.2.2. Influența raportului L:S .....	50
3.2.3. Studii privind eliminarea mercurului din sol utilizând soluție de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1M .....	61
3.2.3.1. Influența timpului de agitare .....	61
3.2.3.2. Influența raportului L:S .....	71
3.2.4. Studii privind eliminarea mercurului din sol utilizând soluție de KI 0,1M la pH acid .....	82
3.2.4.1. Influența timpului de agitare .....	82
3.2.4.2. Influența raportului L:S .....	92
3.2.5. Studii privind eliminarea mercurului din sol utilizând soluție de KI 0,1M la pH neutru .....	102
3.2.5.1. Influența timpului de agitare .....	102
3.2.5.2. Influența raportului L:S .....	112
3.2.6. Studii privind eliminarea mercurului din sol utilizând soluție de KI 0,1M la pH bazic .....	123
3.2.6.1. Influența timpului de agitare .....	123
3.2.6.2. Influența raportului L:S .....	133
3.2.7. Studii comparative privind eliminarea mercurului din sol utilizând soluții 0,1 M de: Na-EDTA, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , KI la pH neutru, KI la pH acid și KI la pH bazic ....	144
3.2.7.1. Studii pentru fracțiunea I de sol .....	144
3.2.7.2. Studii pentru fracțiunea II de sol .....	152
3.2.7.3. Studii pentru fracțiunea III de sol .....	160
3.3. Concluzii .....	168
<b>CAPITOLUL 4. STUDII PRIVIND PROCESUL DE ELIMINARE A MERCURULUI DIN SOL PRINTR-UN PROCEDEU CONTINUU .....</b>	<b>169</b>
4.1. Introducere .....	169
4.2. Modul de lucru .....	169
4.3. Rezultate experimentale .....	170
4.4. Concluzii .....	178
<b>CAPITOLUL 5. STUDII PRIVIND ELIMINAREA MERCURULUI DIN SOLUȚII APOASE FOLOSIND RĂȘINI SCHIMBĂTOARE DE IONI .....</b>	<b>179</b>
5.1. Modul de lucru .....	179
5.2. Rezultate experimentale .....	179
5.3. Concluzii .....	183
<b>CAPITOLUL 6. PROCES TEHNOLOGIC .....</b>	<b>184</b>
<b>CAPITOLUL 7. CONCLUZII FINALE .....</b>	<b>186</b>
<b>BIBLIOGRAFIE .....</b>	<b>197</b>

# INTRODUCERE

Termenul de poluare desemnează orice activitate care, prin ea însăși sau prin consecințele sale, aduce modificări echilibrelor biologice, influențând negativ ecosistemele naturale și/sau artificiale cu urmări nefaste pentru activitatea economică și starea de sănătate a speciei umane. Factor poluant poate fi considerat orice element al mediului aflat în cantități ce depășesc anumite concentrații.

Conferința Națiunilor Unite pentru Mediul Înconjurător, ținută la Stockholm în anul 1972 [1], definea poluarea ca „modificare a componentelor naturale sau prezența unor componente străine, ca urmare a activității omului și care provoacă prin natura lor, prin concentrația în care se găsesc și prin timpul cât acționează efecte nocive asupra sănătății”.

La Conferința pentru Mediul Înconjurător organizată de ONU la Stockholm în anul 1972 se arată [2] că: „Protecția mediului ambiant a devenit pentru umanitate o problemă esențială actuală de care depinde viitorul omenirii. Există largi perspective pentru îmbunătățirea calității mediului ambiant și făurirea unei vieți fericite”. A fost discutată problema gestionării resurselor naturale ale mediului, a evaluării factorilor poluanți, asigurarea calității mediului.

Funcțiile mediului sunt:

- loc de trai și protecție pentru toate ființele vii;
- rezervor și furnizor de resurse naturale.

La Conferința Mondială pentru Mediu și Dezvoltare din 1-12 iunie 1992 de la Rio de Janeiro [3], 125 de state au subliniat necesitatea de asociere pentru o colaborare în domeniul dezvoltării economice cu respectarea normelor juridice de protecție și conservare a ecosistemelor globale ale mediului.

Monitorizarea este procesul de supraveghere-observare a evoluției globale a mediului nepoluat sau a calității mediului în legătură cu factorii poluanți și efectele acestora.

Unul dintre factorii poluanți ai mediului îl constituie mercurul. Acesta poate fi toxic, atât sub formă elementară, cât și sub forma combinațiilor anorganice și mai ales organice. Combinațiile anorganice se elimină din organism afectând unele organe interne cum sunt ficatul și rinichii, dar compușii organici ai mercurului nu se elimină. Ei se bioacumulează în organism, iar efectul lor apare după o perioadă lungă de timp. Compușii organici ai mercurului se acumulează în organism la fel ca și alte toxine deosebit de violente cum sunt dioxinele, al căror efect cumulativ devine evident după câțiva ani. În același mod în care s-a încercat elaborarea unor mecanisme care să explice acțiunea toxică a dioxinelor [4,5], atât asupra organismului uman, cât și asupra mediului înconjurător, tot așa se fac studii asupra mecanismelor de acțiune a mercurului.

În această lucrare se stabilesc condițiile optime de extracție a compușilor cu mercur dintr-un sol contaminat folosind diverși reactivi, printr-un procedeu discontinuu și printr-un procedeu continuu. Soluțiile rezultate la extracția mercurului au fost purificate.

Este importantă stabilirea unor procedee de depoluare a mediului deoarece s-a constatat o tot mai mare acumulare a compușilor cu mercur, care reprezintă un real factor de risc.



# **PARTEA I**

## **STUDII TEORETICE**



# CAPITOLUL 1

## MERCURUL ȘI MEDIUL ÎNCONJURĂTOR

### 1.1. ISTORICUL MERCURULUI [6-10]

Extragerea și întrebuințarea mercurului au fost descrise încă din antichitate. Folosirea lui la începutul mileniului 2 î.Hr. în Egipt a fost sugerată, dar nu autenticată, deoarece se foloseau sinonime în scrierile vechi, obscure, ale anumitor scriitori, dar extragerea cinabruului - cel mai răspândit minereu al mercurului - a fost în mod cert descrisă în secolul al IV-lea î.Hr.

În China se întrebuințau pomade cu mercur la vindecarea leprei cu 3000 de ani î.Hr. Arheologii au descoperit într-un mormânt din Egipt un vas plin cu mercur, care pare să dateze din secolul al XVI-lea sau al XV-lea î.Hr. Teophrast (300 î.Hr.) menționează despre "argintul lichid" (hydro arghyros) pe care îl obținea din cupru. Romanii extrăgeau cinabruul din minele din Almaden (Spania), pe care-l foloseau la prepararea pigmentilor și a produselor cosmetice.

Alchimiștii din China încercau să folosească mercurul în transformarea metalelor în aur, la începutul secolului al II-lea î.Hr. Și scriitorul roman Pliniu cel Bătrân a scris în secolul I despre obținerea mercurului prin distilare și condensare, premergătorul metodelor moderne de tratament metalurgic

Mercurul, prin starea lichidă, culoarea argintie strălucitoare și prin volatilitatea care îl caracterizează, i-a impresionat în mod deosebit pe alchimiști, considerându-l un component al tuturor metalelor.

Deoarece folclorul menționa mercurul ca având puterea de a feri oamenii de spiritele rele și de a vindeca diferite boli, a fost folosit în scop terapeutic și agricol. Către secolul al XVI-lea, cuptoarele primitive de tratare a cinabruului prin distilare și condensare au cunoscut o creștere a cererii mercurului, folosit în medicină și pentru amalgamarea minereurilor de aur și argint.

La începutul secolului al XVII-lea, dezvoltarea științei și tehnologiei au adus o creștere continuă a cererii de mercur, folosit la fabricarea termometrelor, a barometrelor și a altor aparate electrice.

Puțin s-a știut despre prezența mercurului în mediul înconjurător datorat aparatelor electrice, chimice, bateriilor, până în secolul al XX-lea, când medicii de boli profesionale și agențiile guvernamentale au început să evalueze uzinele și modul lor de funcționare.

Natura metalică a acestui element a fost mult controversată, până în anul 1759, când J.A.Braun a reușit să-l solidifice. Alchimiștii reprezentau mercurul prin același simbol cu al planetei Mercur, de unde îi provine și denumirea.

### 1.2. RĂSPÂNDIREA MERCURULUI ÎN MEDIU

Mercurul se găsește în scoarța terestră în medie cam 0,08g/tonă de piatră. Mercurul nativ apare în picături izolate și ocazional în mase fluide mai mari, de obicei ca cinabru, în apropierea vulcanilor sau a izvoarelor termale. Metalul liber a fost găsit în Spania (la Almaden); în Serbia (muntele Avala), în Slovenia (Idrija), în Germania (Moschellandsberg) și în SUA (Terlingua - Texas, Almaden - California).[11-15]

Foarte rar, mercurul a fost găsit ca moschellandsbergit (cu argint), potartite (cu palladium) și amalgam cu aur.

Cel mai important mineral al mercurului este cinabru, HgS, care reprezintă aproape unica sursă de obținere a mercurului.

Mercurul este extras prin arderea cinabrului în aer, urmat de condensarea vaporilor de mercur.

Mercurul natural se găsește sub forma a șapte izotopi stabili:  $^{196}\text{Hg}$  (0,15%),  $^{198}\text{Hg}$  (10,02%),  $^{199}\text{Hg}$  (16,84%),  $^{200}\text{Hg}$  (23,13%),  $^{201}\text{Hg}$  (13,22%),  $^{202}\text{Hg}$  (29,80%) și  $^{204}\text{Hg}$  (6,85%). Pentru experimente de mare precizie este folosit mercurul pur (Hg-198) din punct de vedere izotopic, obținut prin bombardarea cu neutroni a aurului pur (Au-197).[16].

Cinabru se recunoaște ușor după culoarea roșie strălucitoare, greutate specifică mare ( $\sim 8\text{g/cm}^3$ ) și duritate mică (2-2,5 pe scara Mohs). Principalele zăcămintele de cinabru se găsesc în Spania (Almaden), Italia, Serbia, SUA (California), Mexic, Canada, Peru, Chile, Argentina, China, Japonia. În țara noastră se găsesc minerale de mercur în Munții Apuseni.[17-20].

Depozitele de mercur sunt mici și neregulate, cel mai adesea sub formă de filoane. Cea mai obișnuită metodă de descoperire a zăcămintului este săparea subterană, cu freze convenționale și dinamitare, urmate de încărcare mecanică în vagoane speciale pentru transportul minereurilor.

Mercurul se găsește în cantități mici și în atmosferă, unde pătrunde mai ales sub formă de vapori. El pătrunde în atmosferă și prin erupțiile vulcanice, prin izvoarele fierbinți, din emanațiile gazoase, prin arderea cărbunelui de pământ, a lemnului și a diferiților combustibili, deoarece el este întotdeauna prezent în substanțele organice. Cantități mari de mercur pătrund în atmosferă și prin prelucrarea metalurgică a minereurilor.

### 1.3. COMBINAȚIILE MERCURULUI [21-25]

#### 1.3.1. Combinațiile mercurului în stare de oxidare +1 (combinații mercurioase) [26]

*Clorura mercurioasă* (calomelul),  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ , se formează pe cale uscată, prin încălzirea unui amestec intim de clorură mercurică,  $\text{HgCl}_2$  și Hg. Pe cale umedă, se obține prin tratarea unei soluții de azotat mercurios cu ioni  $\text{Cl}^-$  sau prin reducerea unei soluții de clorură mercurică, cu  $\text{SO}_2$ . Calomelul obținut prin sublimare se prezintă ca o masă cristalină albă, lucioasă; cel precipitat din soluție, ca o pulbere albă. Solubilitatea calomelului în apă este mică (2 mg la litru). Într-o soluție de NaCl se dizolvă puțin mai mult. Calomelul sublimă la  $380^\circ$ , fără a se topi; topirea (p.t.  $525^\circ$ ) nu poate fi observată decât în vase închise, sub presiune. Expus la lumină, calomelul se înnegrește cu timpul, probabil prin trecerea în Hg și  $\text{HgCl}_2$ . Numele de calomel (kalos= frumos, melas=negru) se datorează reacției cu amoniacul, care precipită clorura amidomercurică,  $[\text{HgNH}_2]\text{Cl}$  și mercur fin divizat, datorită căruia precipitatul apare negru.

În cristalul clorurii mercurioase se disting molecule liniare Cl-Hg-Hg-Cl, dar fiecare atom de mercur este destul de apropiat de patru atomi de clor ai altor molecule  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ , în așa fel încât în cristal fiecare atom Hg are configurație octaedrică deformată.

*Azotatul mercurios*,  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , incolor, se obține prin dizolvarea mercurului luat în exces, în acid azotic de concentrație mijlocie. În apă se dizolvă ușor, cu reacție slab acidă, din cauza hidrolizei. Prin diluarea soluției se depune un

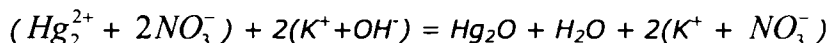


azotat bazic,  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)(\text{OH})$ , galben; hidroliza aceasta este împiedicată de un exces de  $\text{HNO}_3$ , în soluție. Azotatul mercurios este un agent reducător puternic; pentru a evita oxidarea la aer, soluția apoasă se conservă peste Hg metallic. Cercetarea cu raze X a cristalelor de  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  a dovedit prezența ionilor  $[\text{Hg}_2(\text{H}_2\text{O})_2]^{2+}$ .

Alte combinații mercurioase sunt sulfatul mercurios,  $\text{Hg}_2\text{SO}_4$ , cristalizat, incolor, care se obține prin precipitarea din soluție de azotat cu acid sulfuric diluat. La fel se formează carbonatul mercurios,  $\text{Hg}_2\text{CO}_3$ , galben, insolubil, prin precipitarea din soluție de azotat cu un carbonat alcalin. Carbonatul mercurios se descompune ușor, când este încălzit, în Hg, HgO și  $\text{CO}_2$ .

### 1.3.2. Reacțiile sărurilor mercurioase [27-30]

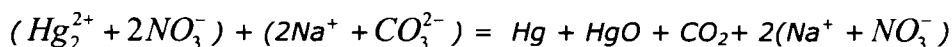
Hidroxizii alcalini precipită oxidul mercurios negru:



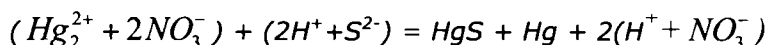
Hidroxidul de amoniu,  $\text{NH}_4\text{OH}$ , adăugat la o soluție de azotat mercurios, formează un precipitat compus din azotat oxiamido-mercuric și mercur metallic. Precipitatul este negru, culoarea fiind datorată mercurului metallic, deoarece amina este un precipitat alb.



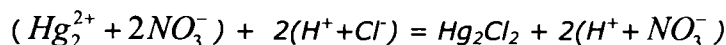
Carbonatul de sodiu,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , formează la început un precipitat galben de carbonat bazic, care prin fierbere se transformă repede într-un precipitat cenușiu de mercur metallic și oxid mercuric.



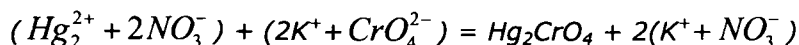
Hidrogenul sulfurat,  $\text{H}_2\text{S}$ , determină apariția unui precipitat negru, format din sulfură mercurică și mercur metallic.



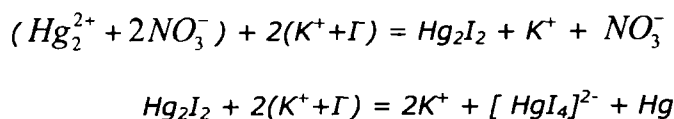
Acidul clorhidric, precipită la fel ca orice clorură solubilă, clorura mercurioasă, sub forma unui precipitat alb.



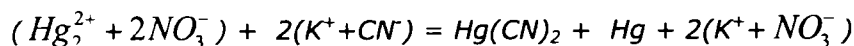
Cromatul de potasiu,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ , precipită la fierbere cromatul mercurios roșu aprins:



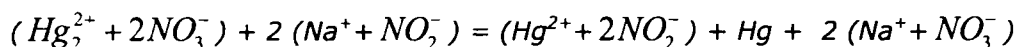
Iodura de potasiu, KI, precipită iodura mercurioasă verde, care se dizolvă în exces de reactiv, formându-se tetraiodomercuriatul de potasiu și separând mercur metalic:



Cianura de potasiu, KCN, precipită mercur metalic, formând în același timp cianură mercurică.



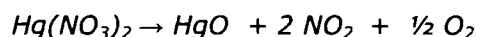
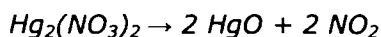
O reacție sensibilă pentru ionul mercurios este reacția cu nitrit de sodiu și nitrat de argint. Este o reacție de dismutație:



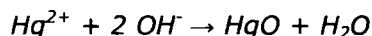
O reacție sensibilă, comună ambilor ioni, mercurios și mercuric, este reacția cu difenil-carbazida  $C_6H_5 \cdot NH \cdot NH \cdot CO \cdot NH \cdot NH \cdot C_6H_5$ , care produce o colorație albastră sau violetă. Reacția se poate executa pe hârtia de filtru sau pe placă de porțelan

### 1.3.3. Combi-na-țiile mercurului în stare de oxidare +2 (combi-na-țiile mercurice) [31-36]

Oxidul mercuric, HgO, se obține sub forma unei pulberi cristaline roșii, prin oxidarea directă a mercurului sau încălzirea slabă a azotatului mercurios sau mercuric:



O altă modifi-ca-ție, galbenă, a oxidului mercuric se obține prin precipitarea clorurii mercurice sau a azotatului mercuric, cu un hidroxid alcalin:



Cele două modifi-ca-ții ale oxidului mercuric au aceeași structură cristalină și se deosebesc numai prin starea lor de diviziune. Oxidul mercuric formează în cristal catene infinite, în formă de zigzag, în care legăturile O–Hg–O sunt aproximativ coliniare. În apă, oxidul mercuric este extrem de puțin solubil, totuși apa este slab bazică. În acizi se dizolvă ușor, formând săruri mercurice. Oxidul mercuric se descompune în Hg și O<sub>2</sub>, la încălzire. Este un agent oxidant slab.

*Sulfura mercurică*, HgS, prezintă dimorfism. Ambele forme se găsesc în natură. Forma roșie, cinabru, mineralul comun de mercur, cristalizează cu o rețea hexagonală, de un tip special; forma neagră, mult mai rară, metacinarbită, cristalizează în rețeaua blendei. Aceste două modifi-ca-ții sunt în raport de monotropie. Stabilă la orice temperatură este modifi-ca-ția roșie.

Prin introducerea unui curent de  $\text{H}_2\text{S}$  în soluția unei sări mercurice, se depune  $\text{HgS}$  neagră. Din cauza solubilității ei extrem de mici în apă, sulfura mercurică se precipită în modul acesta, din toate combinațiile mercurice, chiar din cele complexe, precum și din combinațiile mercurioase. Sulfura mercurică neagră se obține și pe cale uscată, prin sublimare sau prin tratarea unei polisulfuri alcaline. Prin acest procedeu din urmă se obține un cinabru de culoare mai deschisă, mult apreciat în picturile cu ulei.

Sulfura mercurică nu este solubilă în acizi tari, nici chiar concentrați. Numai apa regală o dizolvă ușor, formând  $\text{HgCl}_2$  și sulf. Sulfura mercurică se dizolvă în sulfurile metalelor alcaline în prezență de hidroxizi alcalini și dă tiosăruri, de exemplu  $\text{K}_2[\text{HgS}_2] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Nu se dizolvă în sulfură de amoniu, concentrația ionilor în sulfură fiind prea mică. Sulfura mercurică roșie este mai puțin solubilă în sulfurile alcaline, decât cea neagră. Așa se explică transformarea acesteia din urmă în cinabru sub acțiunea sulfurilor alcaline.

*Clorura mercurică* (sublimatul),  $\text{HgCl}_2$ , se obține cel mai ușor prin combinarea directă a clorului cu mercurul. O veche metodă de preparare constă în încălzirea unui amestec de sulfat mercuric,  $\text{HgSO}_4$ , cu  $\text{NaCl}$ ; clorura mercurică, ce ia naștere, sublimează. Se mai formează prin dizolvarea oxidului mercuric în  $\text{HCl}$ . Obținută pe cale uscată, prin sublimare, clorura mercurică se prezintă sub formă de cristale albe.

Clorura mercurică se dizolvă relativ ușor în apă rece, foarte ușor în apă caldă. Solubilitatea crește în prezență de  $\text{NaCl}$  sau  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , prin formare de complecși. Soluțiile apoase de clorură mercurică sunt slab acide, prin hidroliză. Cu timpul se descompun, dând calomel. Prezența clorurilor alcaline le stabilizează. Clorura mercurică se dizolvă în alcool, eter și benzen.

În soluție apoasă, clorura mercurică este extrem de puțin ionizată. Concentrația ionilor  $\text{Hg}^{2+}$ , în soluție saturată de  $\text{HgCl}_2$  este de  $10^{-8}$  ioni-gram/L, mai mică decât concentrația ionilor  $\text{H}^+$  în apa curată. Caracterul acesta de combinație covalentă se manifestă în multe reacții ale clorurii mercurice. Acidul sulfuric concentrat nu dezlocuiește acidul clorhidric din  $\text{HgCl}_2$ . La fierbere cu  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrat, clorura mercurică sublimează fără descompunere. De asemenea, azotatul de argint nu precipită clorul decât incomplet, din soluția  $\text{HgCl}_2$ . Clorura mercurică formează cu halogenurile metalelor alcaline complecși ușor solubili, cu formulele generale  $\text{M}^I[\text{HgCl}_3]$  și  $\text{M}^I_2[\text{HgCl}_4]$ .

*Bromura mercurică*,  $\text{HgBr}_2$ , are proprietăți mult asemănătoare cu ale clorurii.

*Iodura mercurică*,  $\text{HgI}_2$ , se obține fie prin combinarea directă a elementelor, într-o modificare roșie fie prin precipitarea din soluții de clorură mercurică, cu cantitatea calculată de  $\text{KI}$ , într-o modificare galbenă. Iodura mercurică formează ușor halogenocomplecși.

*Cianura mercurică*,  $\text{Hg}(\text{CN})_2$ , se obține din soluția apoasă a acidului cianhidric sau din săruri mercurice și cianură de sodiu. Cianura mercurică formează cristale incolore, solubile în apă. Este o combinație covalentă; ionizarea în soluție este atât de mică încât hidrogenul și iodura de potasiu nu dau în această soluție nici un precipitat. Hidrogenul sulfurat precipită însă  $\text{HgS}$ , solubilitatea acestui compus este atât de mică, încât produsul lui de solubilitate este atins la concentrație, extrem de mică, a ionilor  $\text{Hg}^{2+}$  din soluție. Cianura mercurică se combină, în soluție apoasă, cu oxid mercuric, dând o sare bazică, oxicianura de mercur,  $\text{Hg}(\text{CN})_2 \cdot \text{HgO}$ , de asemenea solubilă în apă. Prin încălzire peste  $300^\circ$ , cianura mercurică se descompune în mercur și cian. Cianura mercurică are o tendință de a forma combinații complexe de tipul  $\text{M}_2^I[\text{Hg}(\text{CN})_4]$ .

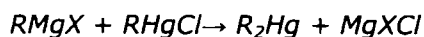
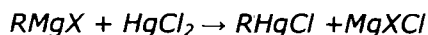
*Azotatul mercuric*,  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , se obține sub formă de cristale incolore, prin dizolvarea mercurului într-un exces de acid azotic și evaporarea soluției. În soluție apoasă, azotatul mercuric este puternic hidrolizat; diluând mult soluția se poate realiza o descompunere completă în  $\text{HgO}$  și  $\text{HNO}_3$ . Soluția este însă stabilă în prezența unui exces de  $\text{HNO}_3$ . Azotatul mercuric servește drept materie primă pentru cele mai multe dintre combinațiile mercurului.

*Sulfatul mercuric*,  $\text{HgSO}_4$ , se obține prin încălzirea repetată a mercurului sulfuric concentrat până la uscare sau din oxid mercuric și acid sulfuric.

*Combinații complexe.* Ionul mercuric are o tendință mare de a forma complecși. Unele combinații complexe în care liganzii sunt halogeni,  $\text{CN}^-$  sau  $\text{S}^{2-}$  au fost menționați mai înainte. Se cunosc de asemenea un număr mare de complecși mercurici, în care liganzii sunt  $\text{SCN}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ , amine, tioeteri, fosfine, arsine etc.

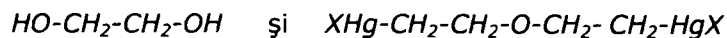
Interesante sunt reacțiile compușilor mercurici cu amoniacul. Din săruri mercurice și soluție saturată de azotat de amoniu se obține o tetraamină,  $[\text{Hg}(\text{NH}_3)_4(\text{NO}_3)_2]$ . Prin tratarea cu amoniac a unei soluții de clorură mercurică, conținând multă clorură de amoniu, se obține așa numitul precipitat alb, fuzibil, cristalizat, care este o diamină,  $[\text{Hg}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}_2$ . În acest complex, legăturile  $\text{N}-\text{Hg}-\text{N}$  sunt coliniare. În absența clorurii de amoniu, se obține în această reacție precipitatul alb, infuzibil, cu formula  $[\text{HgNH}_2]\text{Cl}$ , care este o amidoclorură mercurică. Aceasta conține lanțuri cationice infinite asemănătoare celor din  $\text{HgO}$  și ioni de clor.

*Compuși organomercurici.* Compuși organici ai mercurului,  $\text{R}_2\text{Hg}$ , au caracterul unor substanțe stabile neionice. Compușii dialchilici și diarilici simpli se obțin din halogenuri de alchil și amalgam de sodiu sau din compuși organo-magnezieni și clorură mercurică:

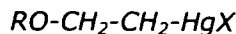


Compușii aril-mercurici se obțin și din diazo-derivați aromatici. În afară de această metodă este caracteristică pentru acești compuși mercurarea directă, atât prin adiție cât și prin substituție.

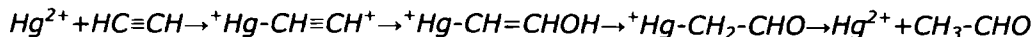
Etena, alchenele superioare și numeroși alți compuși organici nesaturați reacționează ușor cu săruri mercurice, cum sunt clorura și azotatul. În soluție apoasă se adăunează grupele  $\text{HO}^-$  și  $\text{HgX}^+$ , obținându-se compuși de tipul:



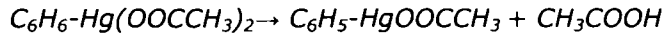
În soluție alcoolică se formează, în mod similar, eteri mercuriați:



Sinteza aldehidei din acetilenă și o soluție apoasă sulfurică de sulfat mercuric, decurge prin următoarele stadii:

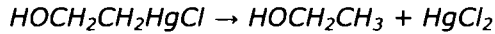
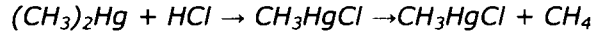


Mercurarea nucleului aromatic se face prin încălzire cu săruri de mercur, iar deosebit de ușor cu acetat de mercur în soluție de acid acetic, benzenul trece în acetat de mercur-benzen:

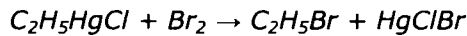


La fel reacționează toluenul și ceilalți omologi ai benzenului, precum și alți compuși aromatici, cum sunt nitrobenzenul, fenolii etc.

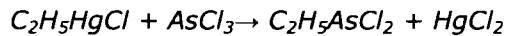
Deși se obțin atât de ușor, compușii organici ai mercurului au relativ puține utilizări în sinteze, din cauza reactivității lor reduse. Acești compuși sunt stabili față de apă, fiind descompuși numai de acizii tari, de exemplu:



Compușii organomercurici, ca, metilmercurul ( $CH_3Hg^+$ ), dimetilmercurul  $(CH_3)_2Hg$ , sau etilmercurul ( $C_2H_5Hg^+$ ), se obțin în urma procesului de metilare, proces care se produce în apă și mai ales în sedimente datorită activității microorganismelor. Dintre acești compuși organomercurici, dimetilmercurul e slab solubil în apă, este foarte volatil, se degajă ușor din apă; în atmosferă sub influența radiațiilor UV se transformă în forma metalică. Acești compuși nu reacționează cu cetonele, reacționează foarte greu cu clorurile acide, dar ușor cu halogenii:



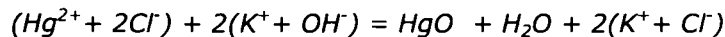
Și cu unele halogenuri anorganice:



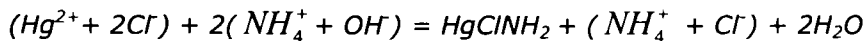
Compuși organo-mercurici, în special alchil-mercurici volatili, ca de exemplu  $(CH_3)_2Hg$ , sunt foarte toxici.

#### 1.3.4. Reacțiile sărurilor mercurice [21]

Hidroxizii alcalini formează, cu sărurile mercurice, un precipitat galben, oxidul mercuric :



Hidroxidul de amoniu,  $NH_4OH$ , formează cu ionul mercuric, într-o soluție mercurică, un precipitat alb, clorura amidomercurică:



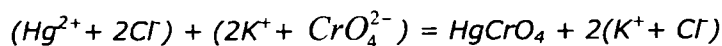
Carbonatul de sodiu,  $Na_2CO_3$ , precipită cu o soluție roșie mercurică, o sare bazică roșie-brună, care prin fierbere cu apa, nu trece în oxid mercuric galben; dintr-o soluție de azotat mercuric precipită la rece un carbonat bazic care prin fierbere, se transformă în oxid galben de mercur, cu degajare de bioxid de carbon :



660. 126

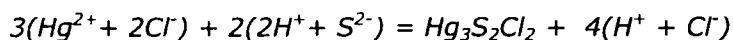


Cromatul de potasiu,  $K_2CrO_4$ , precipită, atât din soluții de clorură mercurică, cât și din azotat, un precipitat galben de cromat mercuric, care după un timp se transformă într-un precipitat roșu, datorită formării unei sări bazice:

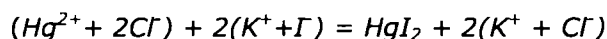


Bicromatul de potasiu,  $K_2Cr_2O_7$ , formează numai cu soluțiile de azotat mercuric un precipitat galben-brun; în soluțiile de clorură mercurică, precipitarea nu are loc.

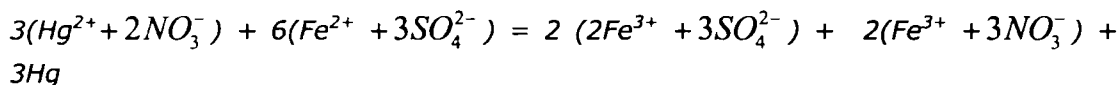
Hydrogenul sulfurat,  $H_2S$ , formează cu o soluție de clorură mercurică un precipitat alb care se înnegrește, trecând prin galben și brun .



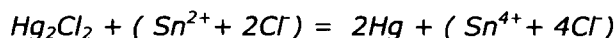
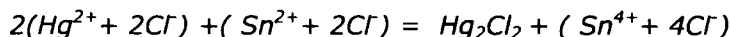
Iodura de potasiu, KI, formează cu soluțiile sărurilor mercurice, un precipitat de iodură mercurică.



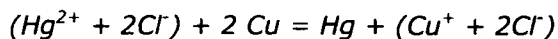
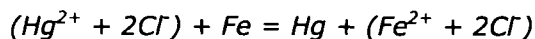
Sulfatul feros,  $FeSO_4$ , reduce sărurile mercurice, la mercur metalic.



Clorura stanoasă,  $SnCl_2$ , se oxidează în prezența ionului mercuric, care se reduce în două etape și anume: inițial în clorură mercuroasă și final în mercur metalic, sub formă de pulbere cenușie; aceasta fiartă cu acid clorhidric, se transformă în picături de mercur .



Dacă în soluția sărurilor de mercur se introduce Cu, Zn sau Fe metalic, se obține un precipitat cenușiu de mercur. Reacția se mai poate executa, în special cu cupru, dacă se pune o picătură din soluția sării de mercur pe o lamă de cupru, se obține mercur metalic:



Activarea aluminiului, este cea mai sensibilă și specifică reacție pentru mercur. Pe o tablă de aluminiu se pune o picătură din soluția cu mercur, se supune electrolizei pentru a depune urmele de mercur pe placa de aluminiu.

## 1.4. PROPRIETĂȚI FIZICE ȘI CHIMICE ALE MERCURULUI [37-45]

Mercurul este un metal alb-argintiu, strălucitor, singurul metal lichid la temperatura obișnuită. Sub punctul de congelare mercurul devine un metal alb, maleabil.

Deși fierbe la 356,9 °C, mercurul emite vapori chiar și la -40°C. Din această cauză atmosfera atelierelor care lucrează cu acest metal este întotdeauna saturată cu vapori de mercur. Viteza de evaporare a mercurului este mai mare decât viteza de formare, așa se explică volatilitatea lui ridicată. În fază gazoasă mercurul este monoatomic.

Mercurul are proprietatea de a dizolva multe metale, dând naștere la aliaje numite amalgame. Unele amalgame se formează la rece, prin contactul direct dintre metalul compact și mercur. Altele se obțin numai prin acțiunea mercurului asupra metalului fin divizat și eventual încălzit. Deosebit de ușor formează mercurul amalgame cu Na, K, Au, Ag, suficient de ușor cu Pb, Sn, Zn, Cd și mai greu cu Cu. Mercurul nu se aliază cu Mn, Co, Fe și Ni.

Nu se volatilizează la temperatura obișnuită în aer uscat. În aer umed, mercurul se acoperă cu o peliculă cenușie de oxid de mercur (I). Încălzit în aer sau în oxigen, până aproape de punctul de fierbere, se oxidează ușor, trecând în oxid roșu de mercur (II), care, încălzit mai departe, se redescompune în elemente.

Halogenii atacă mercurul la rece formând halogenuri, iar sulful se combină cu Hg, prin simpla mojarare, trecând în HgS care se dizolvă numai în acizi oxidanți.

Reactivitatea mercurului este explicată prin potențialul său de ionizare care este mai mare decât al aurului și al argintului, el fiind "mai nobil" decât aceste metale.

Potențialul de ionizare mare al mercurului determină multe dintre particularitățile lui chimice, cum este de exemplu, inerția față de o serie de reactivi chimici din natură (oxigen, acizi).

## 1.5. METODE DE OBȚINERE A MERCURULUI

### 1.5.1. Obținerea mercurului din surse primare de mercur [46-51]

Cel mai important mineral de mercur și singurul utilizat pentru obținerea acestui metal este cinabru, HgS.

Prelucrarea minereurilor de mercur se poate face prin procedee pirometalurgice sau hidrometalurgice.

*În procedeul pirometalurgic* cinabru este exploatat subteran sau la suprafață

Rafinarea minereurilor se face de obicei în minele în care se exploatează și este altă sursă de contaminare. Minereurile sunt încălzite în retorte sau cuptoare în prezența oxigenului sau a varului. În aceste condiții minereurile eliberează mercurul ca vapori, care sunt colectați în condensatoare. Gazele respective sunt trecute prin spălătoare și apoi sunt degajate în atmosferă [52]

*În procedeul hidrometalurgic* leșierea minereului se face prin percolare sau agitare timp de 2–3 h. Se folosesc soluții cu 4% Na<sub>2</sub>S. Soluția decantată și filtrată se supune cementării cu strunjături de aluminiu. După cementare soluția se decantează de mercurul precipitat. După filtrare mercurul se usucă și se supune unei noi filtrări pentru a se separa de praful rezultat, praf format din amalgam de aluminiu și mercur. Acest praf se distilă într-o retortă mică, iar mercurul se extrage în proporție de 95%. [53]

### 1.5.2. Obținerea mercurului din surse secundare

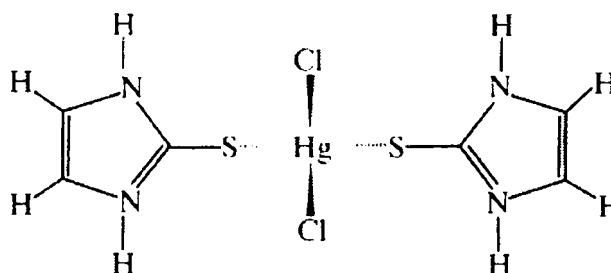
Îndepărtarea și recuperarea metalelor din soluțiile obținute în urma solubilizării deșeurilor solide prin leșiere sau din soluții reziduale rezultate din diferite procese tehnologice industriale, se poate realiza prin mai multe procedee: complexarea ionilor metalici, eliminare prin schimb ionic, procese de adsorbție pe diferite materiale sau separarea electrochimică [54-56].

#### 1.5.2.1. Recuperare prin complexare

Prin complexare se înlătură ionii metalici din soluții apoase prin transformarea lor în compuși insolubili sau solubili care sunt apoi îndepărtați prin metode fizice. Solubilitatea produșilor de complexare și, implicit, gradul de eliminare a metalelor grele din apa uzată depinde de valoarea pH-ului [57], concentrația inițială a ionilor metalici în apă, natura agentului de complexare precum și de natura și concentrația celorlalte substanțe din soluție [58-59].

Complexarea mercurului din soluții apoase se poate face prin adăugarea unor agenți de complexare, care formează complecși cu mercurul. Ca agenți de complexare pentru mercur se pot folosi: compuși cu sulf, mercurul având o afinitate deosebită față de sulf cu care formează legături chimice, compuși cu fosfor, Na-EDTA, KI și alte substanțe mai speciale.

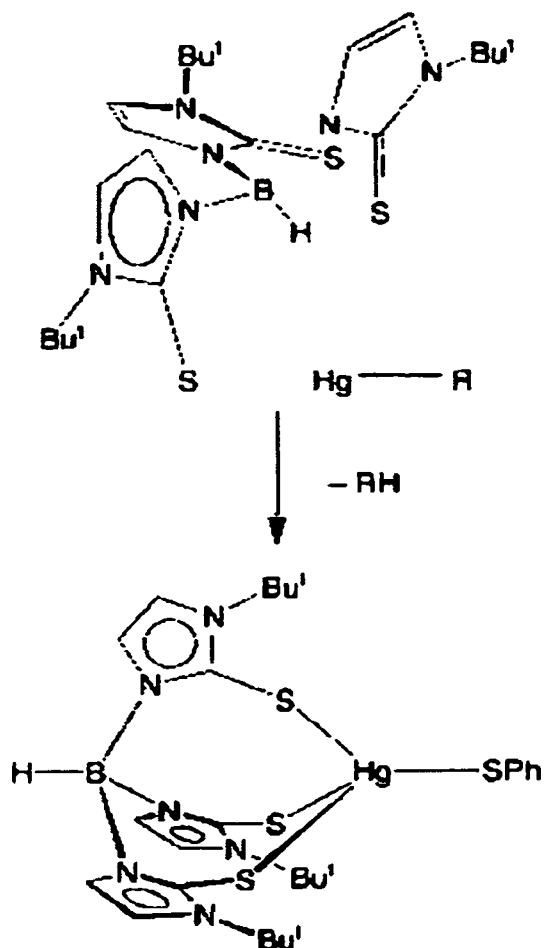
În cazul *compușilor cu sulf*, pe lângă substanțe obișnuite cum sunt tiosulfații se pot folosi și substanțe de tipul 1,3-imidazol-2-tionă care formează cu mercurul un complex (figura 1) :



**Figura 1.** Complex al mercurului cu 1,3-imidazol-2-tionă

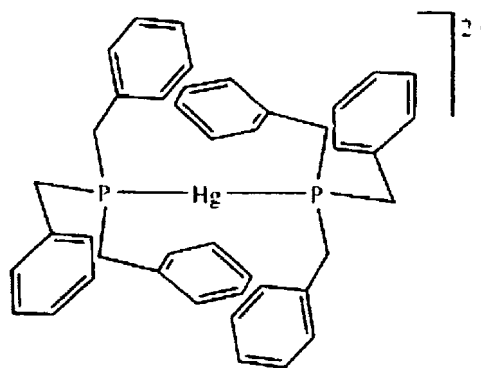
Se pot folosi și enzime pe bază de sulf, cum este de exemplu enzima MerB [60], care poate distruge compuși organici ai mercurului cum sunt compușii alchilmercurici (figura 2). În prima etapă se formează o legătură Hg-S și apoi încă trei. Se distruge alchilmercurul





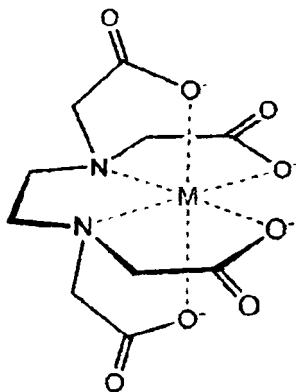
**Figura 2** Formarea unui complex al mercurului cu o enzimă pe bază de sulf

Există și *compuși ai fosforului* care formează complecși cu mercurul [61] (figura 3).



**Figura 3** Complexul mercurului cu tribenzil fosfina

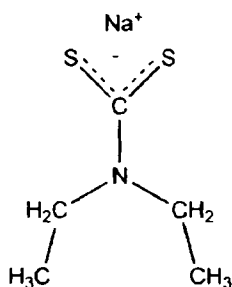
*Na-EDTA* formează cu mercurul un complex (figura 4) [62]:



**Figura.4.** Complexul mercurului cu EDTA

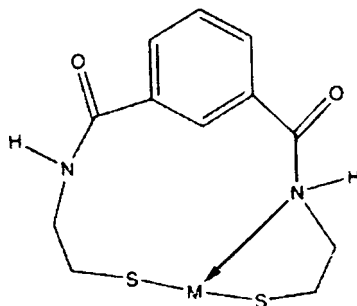
Ca agent de complexare se mai poate folosi KI care formează cu mercurul un complex colorat [63] de forma  $HgI_4^{2-}$  care constituie baza pentru reactivul Nessler folosit la determinarea unor mici cantități de ioni de amoniu.

*Agenți de complexare mai speciali* [64-67] sunt: dietilditiocarbamat (DDC) (figura 5) și 1,3-benzendiamidoetanetioli (figura 6)



**Figura.5.** Dietilditiocarbamat

Aceștia formează complecși cu mercurul datorită prezenței sulfurii care leagă ionii de mercur.



**Figura 6.** Structura complexului ligand-metal pentru 1,3-benzendiamidoetanetioli

Alegerea reactivului de precipitare trebuie făcută ținând seama de o serie de factori, cum sunt: compoziția chimică și concentrația apei reziduale, domeniul optim al pH-ului pentru precipitarea mercurului, precum și modul de tratare și prelucrare ulterioară a nămolului rezultat.

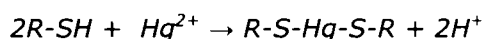
#### 1.5.2.2. Recuperare prin schimb ionic [68 - 73]

Schimbătorii de ioni, ionizii sau rășinile schimbătoare de ioni sunt substanțe cu caracter de polielectroliti, insolubili în mediul de reacție și capabili să-și schimbe ionii mobili, cu ioni de același semn din soluție, în cantități echivalente.

Schimbul ionic are loc, în condiții de modificare continuă a concentrației și repartiției contraionilor, între mediul de reacție și schimbătorul de ioni.

Exemple de schimbători de ioni folosiți pentru separarea mercurului sunt: polistiren clorometilat, Duolite Gt-73 sau Purolite S920 care conțin gruparea funcțională S-H

Reacția de schimb ionic este în general reversibilă și poate fi reprezentată prin ecuațiile



#### 1.5.2.3. Recuperare prin procese de adsorbție pe diferite materiale [74 - 86]

Adsorbânții sunt materiale solide, poroase, cu suprafață specifică mare, capabile să rețină prin adsorbție alte substanțe. Pentru a fi un bun adsorbant, materialul folosit în acest scop trebuie să fie caracterizat de: suprafață specifică mare, selectivitate ridicată pentru substanța ce face obiectul adsorbției, viteză de adsorbție mare, viteză de desorbție mare și fără să implice condiții de lucru deosebite, reținere reziduală (după desorbție) scăzută a substanței adsorbite, pentru a putea face posibilă reutilizarea adsorbantului, rezistență mecanică ridicată.

Metoda se poate folosi pentru adsorbția mercurului pe suprafața silicagelului cu grupe funcționale (amine, hidroxizi, dioli). Se sintetizează noi faze de silicagel care încorporează, prin intermediul grupelor funcționale; caracteristicile selective ale acestora, utilizate ulterior la separarea mercurului. Rezultatele relevă o afinitate mare a derivaților ditioacetați imobilizați în silicagel pentru a adsorbi sărurile mercurice în prezența altor ioni.

#### 1.5.2.4. Recuperare prin metode electrochimice [87- 92]

Electroliza reprezintă un procedeu de extracție și rafinare a metalelor din soluții de electrolit, larg răspândit în metalurgia metalelor neferoase. Ca metodă de obținere, se aplică cu precădere pentru acele metale a căror obținere pe cale pirometalurgică este costisitoare și întâmpină dificultăți tehnologice.

Electroliza, ca metodă de recuperare a metalelor din apele reziduale, în forma sa convențională se pretează, în general, pentru valorificarea soluțiilor uzate relativ concentrate. Pentru separarea metalelor din soluții foarte diluate, în condiții de eficiență economică acceptabilă, este nevoie de electrolizoare de construcție specială sau de preconcentrarea soluției pentru unul dintre procedeele de concentrare cunoscute în domeniul tratării apelor reziduale în industria galvanotehnică, precum schimbul ionic, electrodializa, extracția cu solvenți, osmoza inversă, evaporarea etc.

În combinație cu aceste procedee, electroliza poate reprezenta o treaptă de tratare importantă în sistemele complexe de tratamente de suprafață cu reziduuri minime sau fără reziduuri.

Metodele electrochimice folosite pentru separarea compușilor cu mercur utilizează electrozi de carbon modificați cu policaioni ionomeri cum este polimerul policaionic Tosflex. Acesta este utilizat pentru prepararea electrozilor modificați, capabili de preconcentrarea și detectarea anionului complex  $HgCl_4^{2-}$ , răspândit sub formă anorganică în apa de mare și alte medii cu clor. Studiul schimbului de ioni dintre complexul tetracloromercurous la Tosflex indică o eficiență ridicată a încorporării complexului în stratul polimeric; respectiv o capacitate remarcabilă în reducerea potențialului  $HgCl_4^{2-}$  la  $Hg^0$ .

O altă metodă de recuperare a urmelor de mercur, electrochimic, se bazează pe oxidarea ionilor de mercur cu L-tirozină. În timpul procesului s-a observat modificarea anumitor parametri, cum ar fi valoarea potențialului, pH-ul și concentrația tirozinei. Formarea complexelor cu ioni mercurici este posibilă cu ortodifenol și cu alți aminoacizi.

### 1.6. UTILIZĂRILE MERCURULUI [93-105]

Mercurul este folosit la producerea pe cale electrolitică a sodei caustice și a altor substanțe folosite pe scară industrială., la prepararea unor fungicide folosite în agricultură precum și la prepararea unor medicamente.

Clorura mercurică  $HgCl_2$ , cunoscută sub denumirea de sublimat coroziv, se utilizează în medicină ca antiseptic și dezinfectant de uz extern.

Compușii insolubili sunt relativ netoxici. Calomelul,  $Hg_2Cl_2$  se întrebuițează ca purgativ și vermifug.

Mercurul este folosit de asemenea la construirea unui mare număr de aparate ca: barometre, manometre, termometre, densimetre, areometre, pompe de vid.

Cantități importante de mercur sunt folosite la obținerea amalgamelor. Aceste amalgame sunt pe bază de sodiu, zinc, aluminiu, cadmiu, aur, argint, staniu, plumb, cupru, etc. Amalgamul de argint sau de staniu, care la început este plastic și după câteva ore se întărește, este folosit în tehnica dentară.

În prezent se caută înlocuirea amalgamului de argint folosit la punerea plombelor dentare cu alte materiale, pentru că s-a demonstrat că mercurul din plombele dentare poate migra în organism, depunându-se în oase și astfel provocând boli foarte periculoase.

Mari cantități de mercur se consumă și la fabricarea fulminatului de mercur, utilizat în lucrările miniere, ca exploziv.

Conductibilitatea electrică bună a mercurului îl face foarte folositor în industria electrotehnică.

Descărcarea electrică prin vapori de mercur produce o strălucire albăstruie bogată în unde ultraviolete, fenomen exploatat în lămpile cu ultraviolete, fluorescențe și de mare presiune a vaporilor de mercur.

Conductibilitatea termică bună face ca mercurul să fie folosit ca înveliș și "răcitor" al reactoarelor nucleare.

Compușii mercurului, sub formă de acetat de fenil mercur, metoxietilmercur, sunt utilizați ca fungicide, pentru protejarea semințelor contra ciupercilor, ceea ce a produs numeroase accidente în masă.

# CAPITOLUL 2

## POLUAREA CU MERCUR

### 2.1. SURSE DE POLUARE [106, 107]

*Sursa naturală* majoră de mercur o reprezintă scoarța terestră, de unde mercurul se eliberează sub formă gazoasă în proporție de 25000-150000 tone de mercur/an și unde se găsește sub formă de zăcăminte de cinabru (HgS).. O altă sursă o reprezintă precipitațiile datorită cărora anual ajunge la suprafața pământului o cantitate de aprox 30000 tone de mercur. Alte surse naturale semnificative de mercur le constituie gazele provenite de la vulcani și evaporarea apei din oceane. S-a constatat că apele care se găsesc lângă zăcămintele de cinabru pot conține până la 80  $\mu\text{g/L}$ , comparativ cu 0,1  $\mu\text{g/L}$  din apele necontaminate.

*Sursele antropogene* de mercur reprezintă 99 % din mercurul eliberat în mediul înconjurător. Dintre industriile care folosesc mercur și care apoi este eliminat în mediul înconjurător se pot aminti: industria producătoare de clor și alcalii, în proporție de 25 %, echipament electric 20 %, pictură 15 %, sisteme de măsură și control (termometre, tensiometre) 10 %, agricultură 5 %, amalgame dentare 3 %, laboratoare 2 %, alte ramuri industriale (industria hârtiei, industria farmaceutică, cosmetice) 20 %. Se mai eliberează mercur în atmosferă prin arderea combustibililor fosili, rafinarea și arderea petrolului și a gazelor naturale și la producția de oțel și fosfați.

### 2.2. EFECTELE MERCURULUI

Mercurul este o substanță care se concentrează din ce în ce mai mult în mediul nostru natural. El are un potențial neurotoxic cu o tendință de bioacumulare și biomărire în lanțul alimentar și ca o consecință, este o amenințare potențială pentru sănătatea umană și ecologică.

#### 2.2.1.Efecte asupra omului

##### 2.2.1.1. Studii epidemiologice [108 -115]

Acestea arată că semnele și simptomelor datorate intoxicației cu *vapori de mercur elementar*, intoxicație numită mercurialism sau hidrargirită (tremurături, perturbări mentale, gingivite), apar frecvent la muncitorii care lucrează în atmosferă ce conține vapori de mercur peste 0,1  $\text{mg/m}^3$ . Alte simptome ale intoxicației cu mercur caracteristice pentru o afecțiune numită „sindromul astenic-vegetativ” sunt: mărirea tiroidei, puls labil, tahicardie, schimbări hematologice și eliminarea mercurului prin urină.

În principal este afectat sistemul nervos central, de asemenea sunt atacați rinichii producând proteinuria. Cea mai mare parte a vaporilor de mercur elementar absorbit (aproximativ 80%) este reținut în plămâni. Odată absorbit în sistemul sanguin, mercurul este oxidat la mercur ionic. Simptomele intoxicației cu mercur apar abia după un an de expunere la vapori cu mercur și atunci se fac analize ale urinei și

sângelui care indică gradul de intoxicare. Studiile indică că pot apărea tulburări ale sistemului nervos chiar și la concentrații foarte mici ale mercurului în atmosferă.

Riscul intoxicării cu *metilmercur* este demn de luat în seamă, pentru că mii de oameni s-au intoxicat cu acesta prin consumul de alimente contaminate cu metilmercur. S-a constatat că cea mai mare acumulare de metilmercur este în pești sau produse din pește și în alimente tratate cu fungicide pe bază de mercur. În acest sens trebuie menționat un accident ecologic care a survenit în golful Minamata, în Japonia în anul 1956 [116-120] și care are repercursiuni până în zilele noastre. Acel accident ecologic a fost cauzat de deversarea metilmercurului în apele reziduale industriale de către Chisso Corporation, o fabrică de produse chimice. Această deversare a avut loc între 1932 și 1968. Astfel metilmercurul s-a bioacumulat în pești și în scoici în Golful Minamata. Peștii au fost consumați de populația din zonă și astfel a intervenit intoxicarea cu metilmercur. De-a lungul a 30 de ani oamenii continuă să moară din cauza intoxicării cu metilmercur în acea zonă. Astfel s-a stabilit și un sindrom care se numește sindromul Minamata, care este un sindrom neurologic. Acesta presupune ataxia, paralizia mâinilor și picioarelor, o slăbire generală a mușchilor, tulburări ale vederii și auzului. În cazuri extreme s-a ajuns la demență, paralizie, comă și, în cele din urmă, a survenit decesul persoanelor afectate. În cazul acestui dezastru s-au constatat și afecțiuni congenitale ale feteșilor în uterul matern.

Studiile efectuate ca urmare a unei bioacumulări timp de zece ani a metilmercurului au arătat că doza minimă acceptabilă pentru organism este de 5  $\mu\text{g}/\text{kg}$  corp.

Cu toate că nu există foarte multe date s-a arătat că și *etilmercurul* precum și alți compuși *alchilmercurici* cu *catenă scurtă* pot provoca perturbări în organism. Cu toate acestea s-a constatat că etilmercurul se transformă mai repede în mercur anorganic decât metilmercurul și astfel este eliminat mai repede din organism.

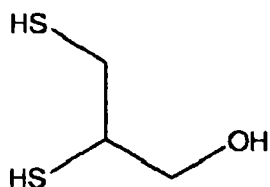
*Mercurul anorganic* este mai puțin toxic pentru organism pentru că se elimină mai repede și nu apucă să atace organele interne dacă doza nu este foarte mare. S-a constatat că doza permisă de mercur în organism este de 0,01 mg/kg corp.

#### 2.2.1.2. Studii clinice [121-130]

Încercările de a trata intoxicațiile cu mercur în general implică *antidoturi* care reduc cantitatea de mercur din țesutul țintă, fie prin formarea unor complecși cu mercurul, complecși care sunt inactivi, fie prin favorizarea eliminării mercurului din țesuturi. Asemenea antidoturi sunt folosite împreună cu un tratament medicamentos adecvat. Ideal este ca doza de antidot folosită să nu fie toxică pentru organism, deci să aibă o mare afinitate pentru mercur astfel încât să fie necesare doze cât mai mici, netoxice, de antidot. Chelații cu mercur care se formează trebuie să fie netoxici și să fie eliminați rapid. Antidotul trebuie să fie metabolic stabil astfel încât dozele să nu fie prea frecvente și preferabil să poată fi administrat pe gură. Aceste antidoturi sunt cu atât mai eficiente cu cât sunt administrate rapid după expunerea la intoxicația cu mercur.

Un antidot eficient este *2,3-dimercaptopropanol* (Antilewisit, BAL) (figura 7) [131]. Este un compus care conține sulf, un ditiol, care are o mare afinitate pentru mercurul ionic divalent. Acest compus salvează viața celui intoxicat cu  $\text{HgCl}_2$ , calmează durerile extremităților, provocate de intoxicația cu mercur. Pentru intoxicare cu alchilmercur, BAL este contraindicat pentru că determină creșterea

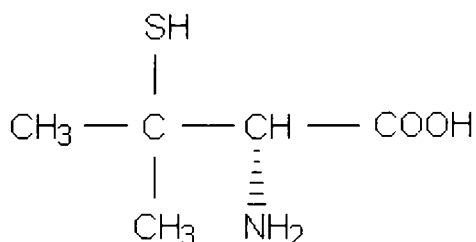
nivelului de mercur în creier. De asemenea BAL nu remediază tulburările neurologice cauzate de expunerea la vapori de mercur.



**Figura 7.** 2,3-dimercaptopropanol (Antilewisit,BAL)

Unitiolul, *2,3-dimercaptopropansulfonat*, DMPS [132], este un derivat al BAL, derivat care este solubil în apă și care pare să fie mai eficient în eliminarea mercurului. În plus unitiolul nu produce redistribuirea mercurului în creier. Unitiolul este eficient în tratamentul mercurialismului.

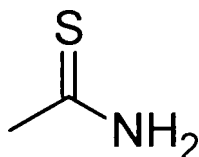
Alte antidoturi sunt reprezentate de *penicilamine* [133] și anume: D-penicilamina (figura 8) și N-acetil-DL-penicilamina



**Figura 8** D-penicilamina

Sunt eficiente în creșterea excreției mercurului după expunerea la vapori de mercur și la calmarea durerilor cauzate de această intoxicație. Penicilaminele sunt eficiente și în intoxicația cu metilmercur. Se pare că penicilaminele sunt mai puțin toxice și mai eficiente decât BAL, în intoxicațiile provocate de vapori de mercur și alchilmercur dacă sunt administrate imediat după expunere.

*Tioacetamida* (figura 9) [134] crește excreția urinară a mercurului în intoxicațiile cu  $\text{HgCl}_2$ . Dar această creștere a excreției se poate datora și exfolierii celulelor renale.



**Figura 9.** Tioacetamida

Un alt antidot este *mercaptodextranul* folosit cu succes la tratamentul intoxicației cu  $\text{HgCl}_2$ . El favorizează eliminarea mercurului fără redistribuirea lui în creier. Dar, eficiența lui este afectată de rapiditatea administrării acestuia după

intoxicare. Dacă a trecut mai mult de două ore de la intoxicare atunci acest antidot nu mai are nici o eficiență, pe când BAL încă este eficient [135].

Un antidot eficient în intoxicarea cu alchilmercur este *polistiren care conține grupări sulfhidril* și care favorizează eliminarea mercurului prin excreție, fără redistribuire [136].

S-a mai arătat că poate avea loc o eliminare a mercurului prin excreția biliară cu ajutorul *fenobarbitalului* [137]

O altă metodă de eliminare rapidă a mercurului din organism este prin *hemodializă* [138].

### 2.2.1.3. Patologia intoxicației cu mercur [139-145]

Semnele și simptomele intoxicației acute cu mercur și anume, tulburări severe gastrointestinale, colaps cardiovascular, tulburări renale grave în urma acumulării unor doze mari de mercur divalent și iritații pulmonare după inhalarea unor doze masive de vapori de mercur reflectă faptul că toți compușii cu mercur sunt reactivi chimici care denaturează proteine, inactivează enzime și distrug membrana celulară ducând la moartea celulelor și distrugerea oricăror țesuturi cu care vin în contact în concentrație suficientă. Efectele patologice ca urmare a unei expuneri pe termen lung la doze mici de compuși ai mercurului sunt mai subtile și depind de tipul de compuși cu mercur la care este expus subiectul.

Cercetările patologice au arătat că metil- și etilmercurul sunt în principal compuși neurotoxici care produc leziuni ale sistemului nervos. Principala particularitate patologică constă în distrugerea celulelor nervoase în cortex mai ales în regiunea vizuală a cortexului occipital, iar în cerebel diferite grade de distrugere a stratului granular. Au loc și distrugerii ale nervilor periferici .

*Afecțiunile psihice și neurologice* care pot să apară ca urmare a intoxicației cu vapori de mercur sunt: insomnie, nervozitate, sfială, amețeală și foarte frecvent pierderea autocontrolului, iritabilitate și excitabilitate, depresie. În cazurile cele mai severe se poate descrie apariția deliriumului cu halucinații, melancolia suicidală sau chiar psihoze maniaco-depresive

Apariția tremurului este unul dintre cele mai caracteristice simptome pentru mercurialism și urmează unul din simptomele descrise mai sus. Cu creșterea duratei expunerii la vapori de mercur tremurul devine tot mai intens, iar în cazul încetării expunerii la vapori de mercur, tremurul dispare treptat.

Cele mai obișnuite semne și simptome care apar în cazul intoxicației cu metil- sau etilmercur sunt furnicături ale pielii, pierderea simțurilor în extremități și în jurul gurii, ataxia (neregularități în mișcarea mușchilor), restrângerea câmpului vizual , deteriorarea auzului. În cazul dezastrului Minamata intoxicația cu alchilmercur a fost ireversibilă.

Expunerea la vapori de mercur poate avea *efecte asupra văzului*. Apar pete gri-maro sau galbene pe suprafața anterioară a lentilelor ochiului. Aceste efecte apar după o expunere îndelungată la vapori de mercur .

Ca urmare a expunerii la compuși alchilmercurici apare o restrângere a câmpului vizual, iar în cazul continuării expunerii poate avea loc orbirea completă.

*Efectele asupra rinichilor* în cazul expunerii la vapori de mercur constau în apariția proteinuriei. Aceasta dispare treptat în cazul încetării expunerii. Implicațiile renale în cazul expunerii la alchilmercur sunt rare.

În cazul expunerii la alchilmercur și la vapori de mercur pot să apară schimbări ale *pielii și mucoaselor*. Dermatitele apar la contactul direct cu alchilmercur, dar și la ingerarea metil- sau etil mercurului



### 2.2.2. Efecte asupra mediului înconjurător [146]

Contaminarea cu mercur are un caracter global și afectează, atât mediul terestru, cât și cel acvatic. Datorită activității umane, nivelul global al contaminării cu mercur este în creștere. Cea mai mare parte a mercurului provenit din activitatea umană se degajă în atmosferă, prin migrare și transfer el ajunge în mediul acvatic, unde se acumulează mai ales în organisme sub forma unor produși foarte toxici. Intoxicații cu mercur se produc frecvent în urma utilizării fungicidelor organomercurice [147].

Compuși naturali și industriali sunt antrenaji de cursurile de apă spre ocean. S-a evidențiat rolul bacteriilor din nămolurile bentonice de a produce transformarea oricărei forme de mercur (metalic, compus organic sau mineral) la dimetil mercur, volatil, care trece în atmosferă [148].



#### 2.2.2.1. Efecte asupra mediului acvatic [149]

Compușii organomercurici sunt mult mai toxici pentru *plantele acvatice* decât mercurul anorganic. Unele plante acvatice au capacitatea de a acumula prin absorbție mercurul fie în rădăcini, fie în alte părți ale plantei. Expunerea la mercur duce la scăderea conținutului de clorofilă, proteine și crește producerea de aminoacizi liberi. Celulele apicale sunt cele mai sensibile la acțiunea compușilor cu mercur și prezintă caracteristici nucleare și mitotice aberante la concentrații mai mici de mercur decât cele care afectează rădăcinile plantei. În cazul rădăcinilor este afectat meristemul acestora mai ales de prezența metilmercurului [150].

Cel mai adesea mercurul se găsește în țesutul *peștilor* în formă metilată care pătrunde în țesutul acestora la o viteză mai mare decât formele anorganice. S-a observat că cea mai mare concentrație de mercur este absorbită de masculi și de asemenea de indivizii maturi mai mult decât de cei tineri. Peretele intestinal la pești reprezintă o adevărată barieră pentru  $\text{HgCl}_2$  dar este permeabil pentru metilmercur care se acumulează în țesutul muscular. De asemenea, s-a constatat că acumularea de mercur este favorizată dacă pH-ul mediului este scăzut. Acumularea de mercur la pești este influențată și de duritatea apei. Dacă concentrația de  $\text{CaCO}_3$  este scăzută este favorizată absorbția mercurului (deci în ape mai puțin dure) [151].

În cazul *mamiferelor marine* cum sunt focile și delfinii, s-a constatat că cea mai mare acumulare de mercur are loc în ficat. De asemenea, s-a constatat prezența seleniului în ficatul acestor mamifere și s-a ajuns la concluzia că seleniul are un rol protector asupra ficatului față de toxicitatea mercurului. S-au făcut studii asupra acumulării mercurului în mamifere marine în funcție de vârsta acestora și s-a constatat că odată cu vârsta apare o acumulare a mercurului și în oase [152].

#### 2.2.2.2. Efecte asupra mediului terestru [153]

Acumularea mercurului în *plantele terestre* crește cu creșterea concentrației de mercur în sol. Tipul de sol are o influență considerabilă. De exemplu, un conținut mare de materie organică duce la scăderea acumulării mercurului în plante.

În general, cea mai mare concentrație de mercur se găsește în rădăcini, dar este posibil să se găsească și în alte organe ale plantei. În contrast cu alte plante, este cunoscut că mușchii preiau mercurul din atmosferă.

S-a constatat că cea mai mare concentrație de mercur în plante se află în vecinătatea unei surse de mercur, dar chiar și la 25 km depărtare încă s-a găsit un nivel ridicat al mercurului în plante. În cazul metilmercurului, acesta s-a găsit doar în urme în plante [154]

Expunerea la mercur reduce fotosinteza și transpirația, absorbția apei și sinteza clorofilei la plante. În cazul molizilor (*Picea abies*), la puietii expuși la mercur și metilmercur, schimbările în fotosinteză și transpirație au fost puse pe seama mercurului acumulat în rădăcină mai mult decât pe acțiunea directă a mercurului asupra frunzelor. În porțiunile tinere ale rădăcinilor efectul mercurului este mai pronunțat decât în porțiunile mature de rădăcină. Expunerea la mercur organic și anorganic se reflectă în pierderea de potasiu, magneziu și mangan și în acumularea de fier. Au loc schimbări în structura celulelor rădăcinii plantei. Aceasta încetează să mai crească. S-a concluzionat că schimbările în rădăcinile plantei sunt mai mult de natură metabolică. Și alți factori contribuie la creșterea acumulării mercurului în plante și anume, aciditatea solului și activitatea microbiană. .

În cazul *păsărilor* expuse la contaminarea cu mercur, acesta a fost găsit în cea mai mare concentrație în ficat și rinichi. Metil mercurul se absoarbe preferențial față de mercurul anorganic. Apare o acumulare de mercur și în ouăle păsărilor și anume metilmercurul se găsește în albuș, iar mercurul anorganic în gălbenuș. S-a constatat că și în cazul păsărilor mercurul organic este mai toxic decât cel anorganic influențând și capacitatea reproducătoare a păsărilor [155].

În cazul *mamiferelor* mercurul se comportă ca o neurotoxină. Și aici metil mercurul este mai toxic decât mercurul anorganic și are efecte dăunătoare asupra animalelor datorită lipsei de bariere externe și de sisteme interne de detoxifiere. Efectele intoxicării cu mercur se observă doar după un interval de timp, în urma acumulării acestuia în organism [156]

### **2.3. PROCESE DE DEPOLUARE A MEDIULUI ÎNCONJURĂTOR CONTAMINAT CU MERCUR**

#### **2.3.1. Izolarea zonei contaminate [157-160]**

Izolarea se poate face folosind *bariere* de oțel, cement, bentonită și pereți tencuiți, care pot fi plasați atât orizontal cât și vertical. Această izolare a zonelor contaminate se face și pentru a reduce infiltrarea apelor ce conțin mercur în zone unde poate contaminarea nu a pătruns încă.

Barierile verticale reduc mișcarea apelor de adâncime contaminate cu mercur sau împiedică pătrunderea apelor de adâncime necontaminate în zone contaminate. Pentru a preveni transportul compușilor cu mercur prin barieră aceasta trebuie să fie acoperită cu un clei sau cu un strat cu permeabilitate scăzută. Dacă această barieră nu poate fi amplasată este necesar un sistem de extracție al apelor de adâncime pentru a evita trecerea compușilor cu mercur prin barieră. Se folosesc pereți de nămol, geomembrane și pereți cu mai multe straturi. Cei mai folosiți sunt pereții de nămol fiind cel mai ușor de obținut și cei mai ieftini.

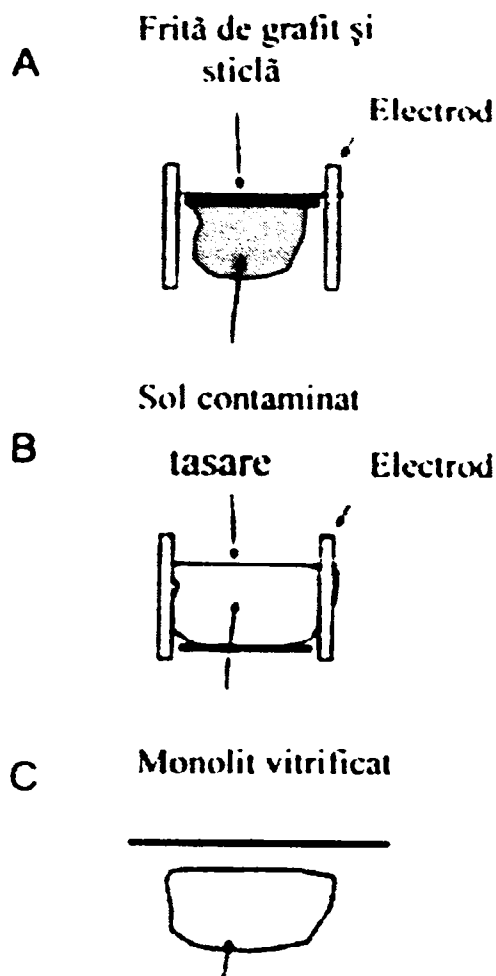
Barierile orizontale nu sunt încă foarte folosite și încă nu le-a fost demonstrată eficiența. În orice caz aceste bariere orizontale pot fi folosite ca linii de demarcație pentru zona contaminată astfel încât să nu mai fie nevoie de excavație

Tehnologiile de *solidificare* a solului contaminat sunt destul de mult folosite.

Solidificarea constă în încapsularea fizică a compușilor cu mercur într-o matrice solidă, solidificarea fiind precedată de reacții chimice care reduc mobilitatea contaminanților. Solul poate fi tratat in situ după excavare. Se preferă procedeele ex

situ în care se folosesc stații pilot unde pot fi tratate până la 100 de tone de sol contaminat pe zi. Procedeele in situ se folosesc în cazul unei contaminări la suprafață.

Vitrificarea este un procedeu de solidificare a solului care necesită energie termică. Implică inserarea unor electrozi în sol. Prin acești electrozi trebuie să poată să treacă curent electric, iar solidificarea are loc prin răcire (figura 10 ).



**Figura 10.** Procesul de vitrificare: (A) inserția electrozilor și plasarea fritei de grafit și sticlă cu rolul de a iniția procesul de vitrificare; (B) tasarea solului în timpul vitrificării; (C) obținerea monolitului vitrificat

### 2.3.2. Procedee de separare [161-165]

*Separarea mecanică* este necesară pentru clasificarea particulelor de sol în funcție de dimensiunea lor. Particulele de dimensiune mai mare sunt mai curate în timp ce particulele de dimensiuni mici sunt cele mai poluate datorită suprafeței lor mari de contact. De aceea trebuie separate particulele de dimensiuni mai mici de cele de dimensiuni mai mari. Pentru realizarea acestei separări se folosesc:

*hidrocicloane* care separă particule de dimensiuni mai mari de 10-20  $\mu\text{m}$  prin forța centrifugă, de particulele de dimensiuni mai mici, separarea printr-un *pat de fluidizare* în care particulele de dimensiuni mai mici de 50  $\mu\text{m}$  se găsesc în partea de sus a patului fluidizat și sunt extrase în contracurent într-o coloana verticală, separare gravitațională prin *flotație* procedeu care se bazează pe separarea sub acțiunea câmpului gravitațional terestru, a particulelor cu densitate medie mai mică decât a apei, *separarea magnetică* care se bazează pe proprietățile magnetice ale metalelor poate fi folosită pentru separarea de materialele feroase.

Metodele de separare mecanică sunt tot mai mult folosite, mai ales ca metode premergătoare celor de decontaminare a solului. Acestea pregătesc particulele de sol, le grupează, le clasifică în așa fel încât să poată fi apoi aplicate procedee de decontaminare specifice.

*Separarea pirometalurgică* folosește cuptoare cu temperatură înaltă în care mercurul este volatilizat din solul contaminat. Acest procedeu este aplicabil la solurile cu concentrații mari de mercur. Mercurul este apoi recuperat. Se pot folosi și cuptoare rotative. În urma procesului se formează o zgură în care se găsesc și alte metale grele care pot fi astfel recuperate. Uneori este necesar și un pretratament pentru a reduce volumul de sol care urmează să fie supus separării pirometalurgice.

*Separarea chimică* este aplicată, fie pentru detoxifiere fie pentru reducerea mobilității ionilor de mercur. Metoda este de obicei folosită în cazul apelor reziduale. Ionii de mercur sunt supuși unor procese de reducere. Aceste tratamente chimice pot fi făcute în situ prin injectarea de reactanți în apele de adâncime, dar există riscul introducerii altor contaminanți.

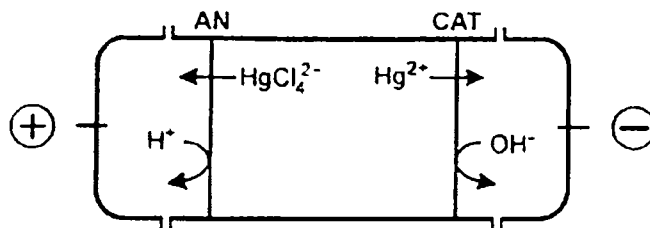
*Separarea folosind aditivi* este o metodă folosită de separare a compușilor cu mercur. Se pot folosi *zeoliți naturali* care constituie o clasă importantă de aluminosilicați naturali. Aceștia au capacitate mare de a înlătura compușii cu toxicitate ridicată. S-au efectuat experimente pe soluri contaminate cu mercur, și apoi tratate cu zeoliți. În urma experimentelor s-a constatat că la tratarea solurilor cu zeoliți cantitatea compușilor toxici scade cu până la 80%. Reducerea concentrației de mercur este atribuită capacității zeoliților de a imobiliza ionii de mercur având rolul de schimbători de ioni naturali

Un alt aditiv important pentru soluri și ape în scopul înlăturării mercurului o reprezintă *cauciucul uzat*. Cauciucul este un material care conține sulf. Metoda se bazează pe afinitatea ridicată pe care o au compușii sulfului față de mercur. S-a arătat că particulele de cauciuc uzat au capacitate mare de adsorbție față de Hg (II) mai ales în mediu acid. De aceea cauciucul uzat poate fi folosit pentru imobilizarea ionilor de mercur în solurile contaminate. S-a constatat că este nevoie de o cantitate mică de particule de cauciuc uzat datorită capacității mari de adsorbție a acestuia. Procedeu este foarte simplu necesitând o simplă amestecare a solului contaminat cu particulele de cauciuc. Cauciucul uzat poate fi folosit și în cazul apelor contaminate cu ioni de mercur, adsorbția având loc în același mod prin amestecarea particulelor de cauciuc cu apele contaminate.

### **2.3.3.. Remedierea electrochimică [166-171]**

Procesul electrochimic implică trecerea unui curent de intensitate scăzută între un anod și un catod implantați în solul contaminat. Ionii și particulele mici încărcate împreună cu apa de adâncime sunt transportate între electrozi. O diferență de potențial aplicată între electrozi inițiază procesul. Când curentul electric trece direct prin sol ionii vor migra spre cei doi electrozi, cationii la catod și anionii la anod. Acest efect este folosit în remedierea electrochimică. Dacă se folosește o

membrană schimbătoare de ioni procesul se numește electrodiализă. Principiul metodei este prezentat în figura 11.

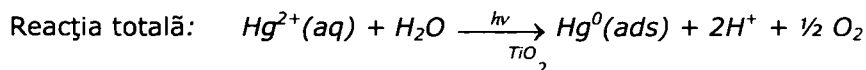
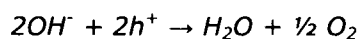
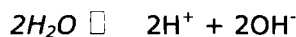
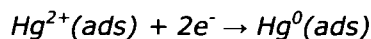
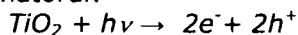


**Figura 11.** Principiul remedierii solului contaminat cu mercur prin electrodiализă  
AN = membrană anion schimbătoare; CAT = membrană cation schimbătoare

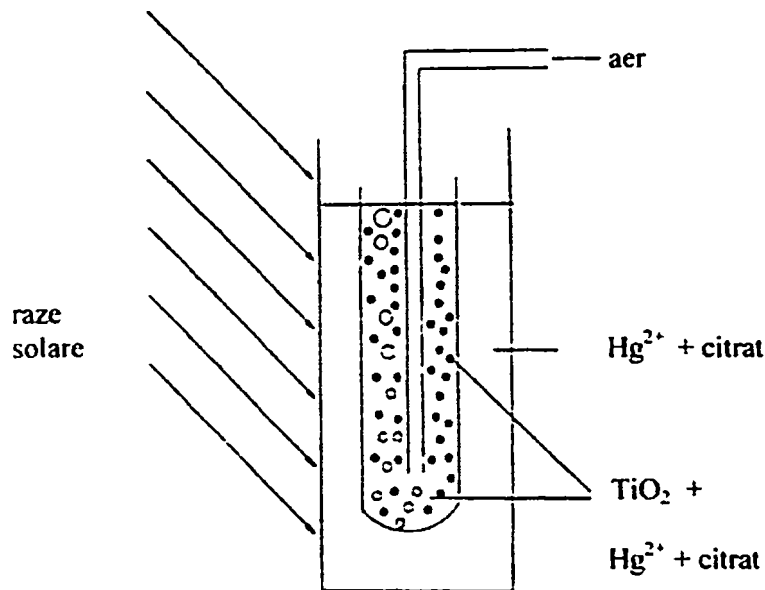
Cationii sunt reprezentați de  $H^+$  și  $Hg^{2+}$ , iar anionii sunt reprezentați de  $OH^-$  și  $HgCl_4^-$ . Solul contaminat este plasat între membrana schimbătoare de anioni și membrana schimbătoare de cationi. Eficiența remedierii depinde de densitatea de curent. În timpul procesului electrodiализic ionii de mercur se mișcă dintr-o parte a solului contaminat în alta formând un front ionic. Acest procedeu se aplică cu precădere în solurile nisipoase

#### 2.3.4. Remedierea fotocatalitică [172-175]

Fotocataliza heterogenă reprezintă o metodă promițătoare pentru remedierea apelor reziduale cu un conținut ridicat de mercur.  $TiO_2$  este cunoscut ca un fotocatalizator cu ajutorul căruia mercurul este îndepărtat din soluțiile apoase. Toate procesele de remediere în prezența  $TiO_2$  se efectuează în absența oxigenului. Mecanismul de reacție este următorul:



Se pot folosi agenți de complexare pentru mercur, care permit extracția acestuia și dacă este prezent oxigenul în soluție. Reacția poate avea loc chiar sub acțiunea razelor solare.(figura 12)



**Figura 12.** Remedierea fotocatalitică a mercurului din ape contaminate prin expunere la razele solare

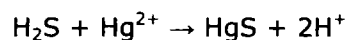
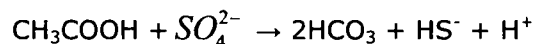
### 2.3.5. Remedierea prin procese biochimice [176-180]

Tehnicile de extracție a metalelor cu microorganisme includ bioextracția, biosorbția și procesele de oxidare/reducere.

*Bioextracția* se face prin intermediul unor microorganisme cum este ciuperca *Aspergillus niger* care poate produce acid citric și acid gluconic. Aceștia pot funcționa atât ca acizi și reglează pH-ul cât și ca agenți de complexare pentru mercur.

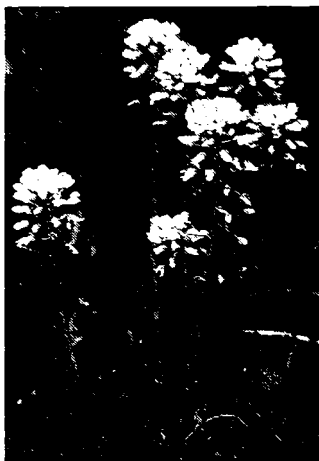
*Biosorbția* reprezintă un tratament biologic în care are loc adsorbția mercurului în biomasă reprezentată de alge și celule bacteriale care pot fi vii sau moarte

*Procesele de oxidare/reducere* sunt realizate tot de microorganisme. În cazul mercurului există bacterii sulfat-reducătoare (SRB) care formează sulfura de mercur insolubilă, conform reacțiilor:



### 2.3.6. Fitoremedierea [181-185]

Plante cum sunt *Thlaspi*, *Urtica*, *Chenopodium* (figurile 13-15) sunt capabile să acumuleze mercur și pot fi considerate ca fiind o metodă de tratare a solurilor contaminate. Metoda este potrivită pentru solurile care nu conțin concentrații mari de mercur



**Figura 13.** Thlaspi

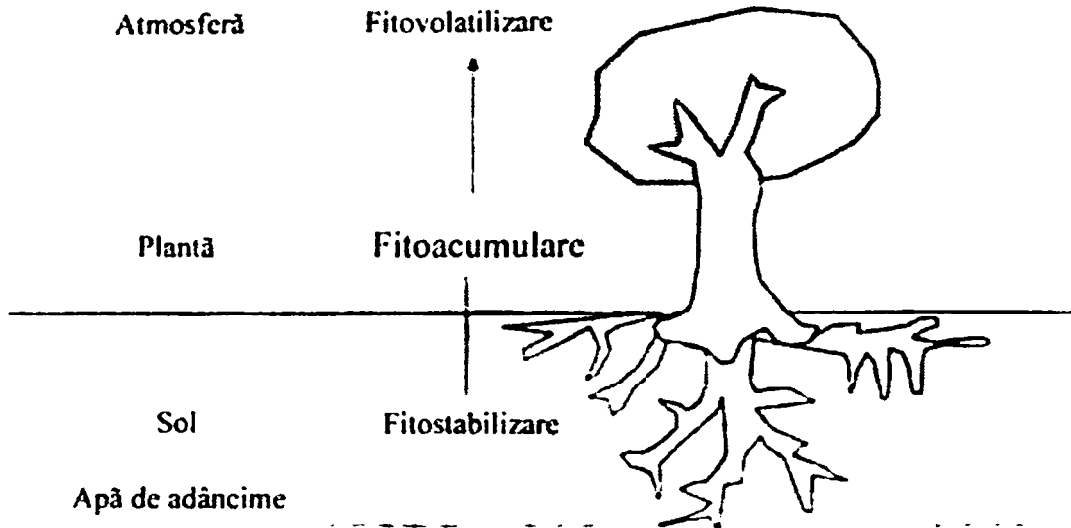


**Figura 14.** Urtica



**Figura 15.** Chenopodium

Schematic procesul se petrece astfel (figura 16):

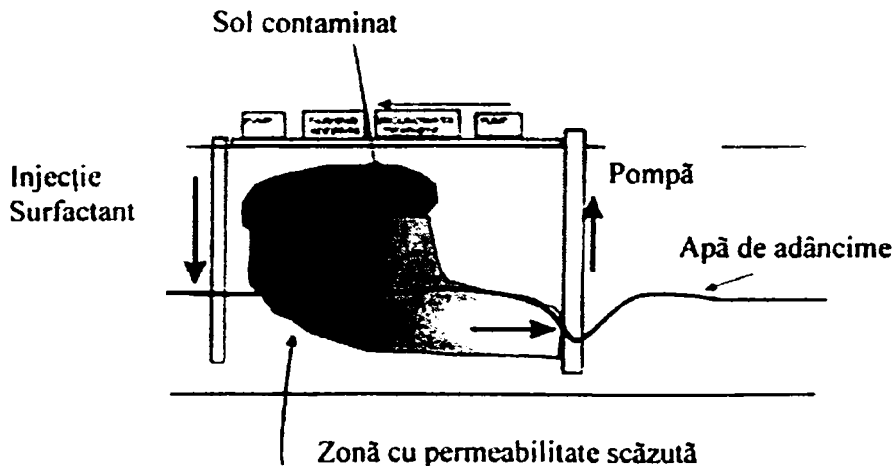


**Figura 16** Diagrama schematică a procesului de fitoremediere a solurilor contaminate cu mercur

Mercurul se localizează în principal în rădăcini, dar poate fi găsit și în alte organe ale plantei. Aceasta în urma acumulării mercurului moare și va fi incinerată, iar mercurul recuperat prin diverse tehnici. Principalul dezavantaj al metodei îl constituie timpul îndelungat necesar pentru remedierea solului

### 2.3.7. Remedierea solurilor prin spălare cu diverși agenți [186-190]

Soluțiile folosite pentru extracție sunt infiltrate în sol folosind inundarea la suprafață, irigație prin aspersiune, bazin pentru infiltrare etc. Se folosește apă cu diverși aditivi. În cazul mercurului aceștia sunt compuși cu sulf (de exemplu  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ), EDTA, alți agenți de complexare. Schema procesului este prezentată în figura 17:



**Figura 17.** Schema procedurii de remediere prin spălare cu diverși agenți



**PARTEA a II-a**  
**CERCETĂRI EXPERIMENTALE**



# **CAPITOLUL 3**

## **STUDII PRIVIND PROCESUL DE ELIMINARE A MERCURULUI DIN SOL PRINTR-UN PROCEDEU DISCONTINUU**

Mercurul face parte din categoria metalelor grele foarte toxice. Din punct de vedere neurologic mercurul reprezintă o neurotoxină foarte puternică ce are tendința să se bioacumuleze și, în consecință, reprezintă o potențială amenințare pentru sănătatea omului și a mediului ambiant. Mercurul se poate găsi în aer, în apă sau se poate acumula în sol [191 – 195].

Cercetările experimentale efectuate au avut drept scop stabilirea condițiilor optime ale procesului de eliminare a mercurului din sol, respectiv realizarea unui grad maxim de extragere a mercurului (decontaminare optimă), folosind în acest scop soluții de concentrații bine definite de: Na-EDTA,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , KI neutră, KI acidă și KI bazică. Extracția mercurului din sol se bazează pe capacitatea acestor reactivi de a forma combinații complexe.

### **3.1. MODUL DE LUCRU**

S-a folosit sol de tip cernoziom cambic din orașul Timișoara. Principalele caracteristici ale solului analizat sunt:

- reacția este slab acidă sau neutră,  $\text{pH} = 6,7 - 7,2$ ;
- humus  $\text{H} = 3 - 4 \%$ ;
- azotul total  $\text{Nt} = 0,173 \%$ ;
- fosforul mobil  $24\text{ppm P}$ ;
- suma bazelor schimbabile  $\text{SB} = 20,6 \text{ mE}/100\text{g sol}$ ;
- capacitatea totală de schimb cationic  $\text{T} = 21,4 \text{ mE}/100\text{g sol}$ ;
- aciditatea de schimb  $\text{SH} = 0,8 \text{ mE}/100\text{g sol}$ ;
- gradul de saturație în baze  $\text{V} = 96,3$

Acest sol a fost contaminat cu  $\text{HgCl}_2$ . Solul a fost sitat și împărțit în trei fracțiuni: fracțiunea I cu dimensiunea particulelor între  $0,5 \div 0,1 \text{ mm}$ , fracțiunea II cu dimensiunea particulelor între  $1,6 \div 0,5 \text{ mm}$  și fracțiunea III cu dimensiunea particulelor între  $2,0 \div 1,6 \text{ mm}$ . Probele de sol din cele trei fracțiuni au fost mineralizate cu apă regală, iar concentrația inițială a mercurului s-a determinat prin spectrofotometrie de absorbție atomică, utilizând un spectrofotometru VARIAN SpectrAA110 [196 – 200].

Ca agenți de extracție ai mercurului s-au folosit soluții de concentrație  $0,1\text{M}$  [201] de Na-EDTA,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , KI cu  $\text{pH} = 6,9$ , KI cu  $\text{pH} = 1,5$  și KI cu  $\text{pH} = 13$ .  $\text{pH}$ -ul a fost reglat cu soluții de HCl, respectiv soluții de NaOH de concentrații  $0,1\text{M}$ .  $\text{pH}$ -ul a fost măsurat cu un  $\text{pH}$ -metru Denver 250. Probele de sol din fiecare fracțiune au fost tratate cu volume bine determinate de soluție de extracție în raport lichid : solid (L : S) bine definit (5:1, 6:1, 7:1, 8:1 și 10:1). Probele au fost supuse agitării, într-un shaker MTA Kutesz Tip 609/A, la durată determinată (15 min., 30 min., 1h, 2h și 5h). După agitare probele au fost filtrate, iar în soluțiile rezultate s-a determinat concentrația mercurului

Pentru stabilirea condițiilor optime de îndepărtare a mercurului din sol s-a stabilit dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție, în funcție de raportul L : S, de timpul de agitare, de dimensiunea particulelor de sol și de natura soluțiilor de extracție utilizate.

### 3.2. REZULTATE EXPERIMENTALE [202 – 205]

#### 3.2.1. Analiza probelor de sol

Datele experimentale privind concentrația inițială a mercurului din probele de sol, separate pe cele trei fracțiuni, sunt prezentate în tabelul 1.

**Tabelul 1.** Conținutul inițial al  $Hg^{2+}$  în solul de diferite dimensiuni

Nr.crt.	Fracțiunea	Dimensiunea particulelor de sol, [mm]	Conținutul inițial al mercurului, [mg/1g substanță uscată]
1.	I	0,5 - 0,1	3,88
2.	II	1,6 - 0,5	2,63
3.	III	2,0 - 1,6	2,46

Din datele experimentale se observă că cea mai mare concentrație a ionilor de mercur se găsește la fracțiunea de sol cu dimensiunea cea mai mică, întrucât această fracțiune se caracterizează prin suprafața specifică cea mai mare.

#### 3.2.2. Studii privind eliminarea mercurului din sol utilizând soluție de Na-EDTA 0,1M

Studiile au urmărit dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului pentru cele trei fracțiuni de sol în funcție de timpul de agitare, la diferite rapoarte L : S.

##### 3.2.2.1. Influența timpului de agitare

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L:S = 5:1 pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 2-4 și figurile 18 și 19.

**Tabelul 2.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 5 : 1 pentru fracțiunea I de sol

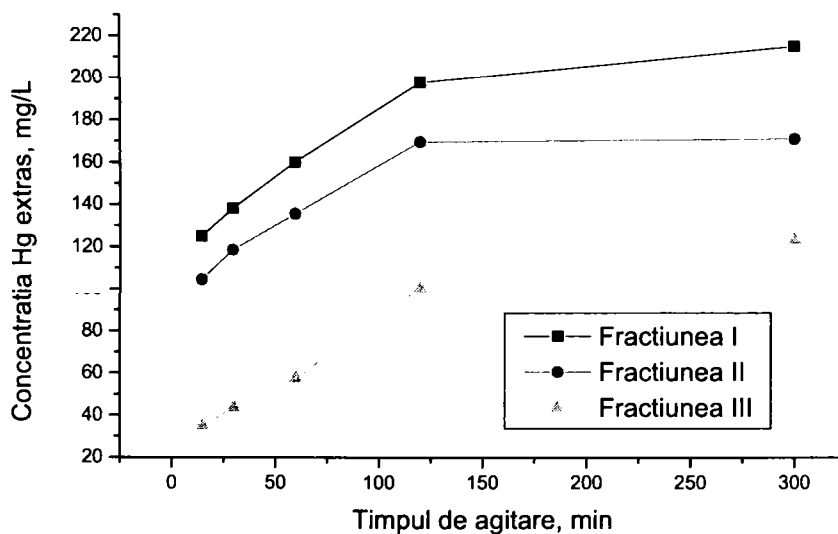
Nr, crt.	Timpul de agitare, [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	125,0	19,77
2.	30	138,0	22,43
3.	60	160,0	25,47
4.	120	197,5	31,93
5.	300	215,0	32,31

**Tabelul 3.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 5 :1 pentru fracțiunea II de sol

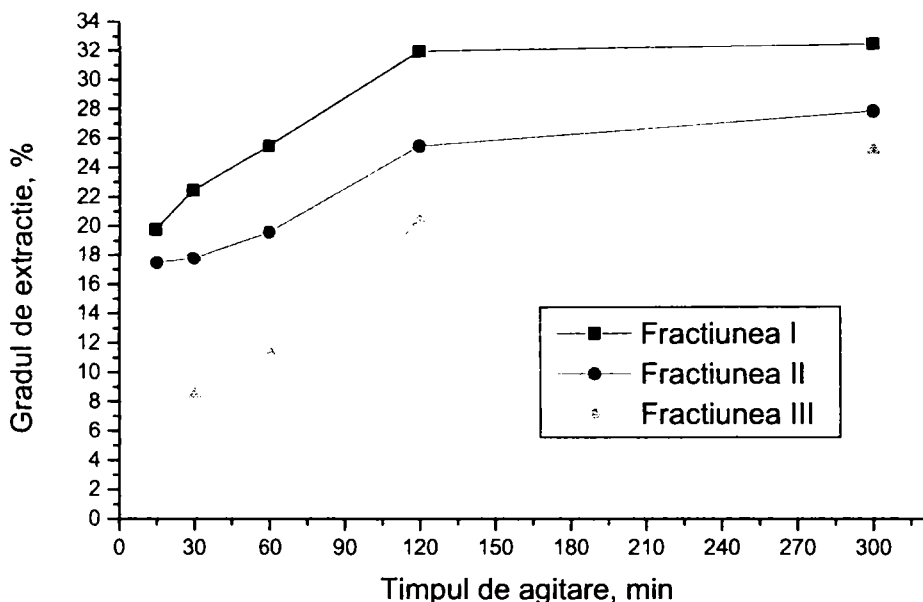
Nr, crt.	Timpul de agitare, [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	104,5	17,46
2.	30	118,5	17,78
3.	60	135,5	19,58
4.	120	169,5	25,45
5.	300	171,0	27,70

**Tabelul 4.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 5 :1 pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Timpul de agitare, [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	35,0	7,11
2.	30	43,5	8,53
3.	60	57,5	11,38
4.	120	100,5	20,32
5.	300	123,5	25,08



**Figura 18.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 5 :1.



**Figura 19.** Dependența gradului de extracție a mercurului cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 5 : 1.

Din datele experimentale se observă că la raportul L : S = 5 : 1, până la un timp de agitare de 120 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 120 min.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 6 : 1 pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 5-7 și figurile 20 și 21.

**Tabelul 5.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 6 : 1 pentru fracțiunea I de sol

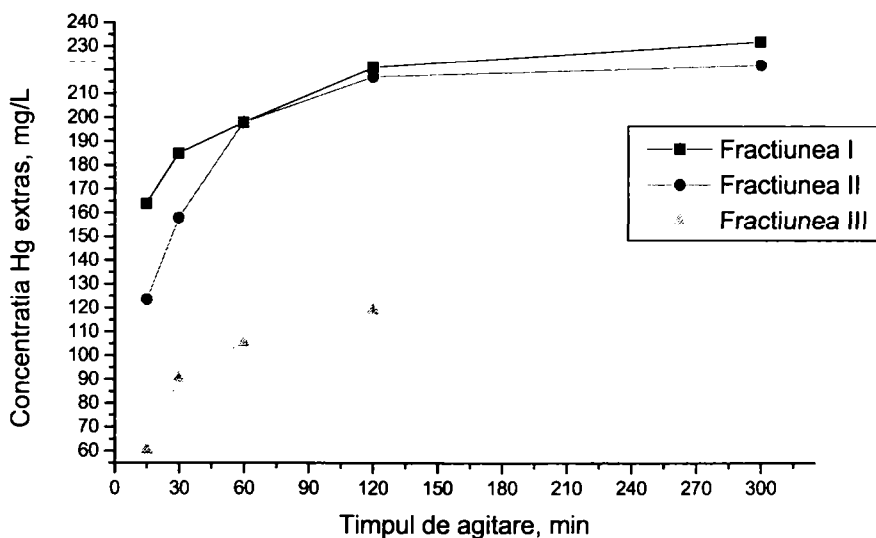
Nr, crt.	Timpul de agitare, [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	164,0	28,13
2.	30	185,0	35,74
3.	60	199,0	44,86
4.	120	221,0	49,42
5.	300	232,0	50,57

**Tabelul 6.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 6 :1 pentru fracțiunea II de sol

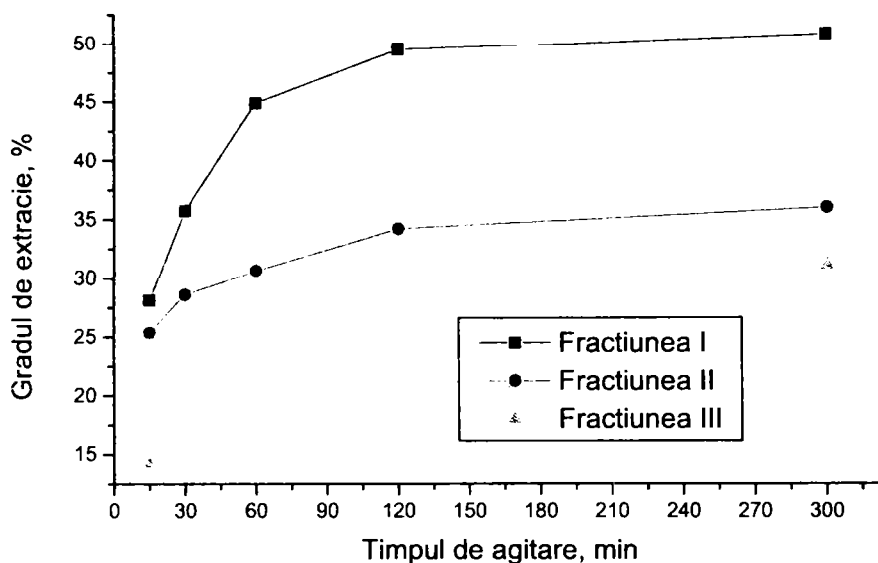
Nr, crt.	Timpul de agitare, [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	123,5	25,36
2.	30	158,0	28,60
3.	60	198,0	30,61
4.	120	217,0	34,17
5.	300	222,0	35,87

**Tabelul 7.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 6 :1 pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Timpul de agitare, [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	60,5	14,25
2.	30	90,5	21,95
3.	60	105,5	25,73
4.	120	119,0	29,02
5.	300	127,0	30,97



**Figura 20.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 6 :1



**Figura 21.** Dependența gradului de extracție a mercurului cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 6 : 1.

Din datele experimentale se observă că la raportul L : S = 6 : 1, până la un timp de agitare de 120 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este ne semnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 120 min. Se observă în cazul fracțiunilor I și II că pentru un timp de agitare de 60min și 120min valorile pentru concentrația mercurului extras sunt comparabile, dar corelând cu valorile corespunzătoare ale gradului de extracție se observă o diferență netă, în sensul că un grad mai bun de extracție se obține pentru fracțiunea I de sol.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 7 : 1 pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 8-10 și figurile 22 și 23.

**Tablelul 8.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 7 : 1 pentru fracțiunea I de sol

Nr, crt.	Timpul de agitare, [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	268,5	74,11
2.	30	275,5	76,04
3.	60	305,5	82,88
4.	120	345,0	88,91
5.	300	358,0	92,26

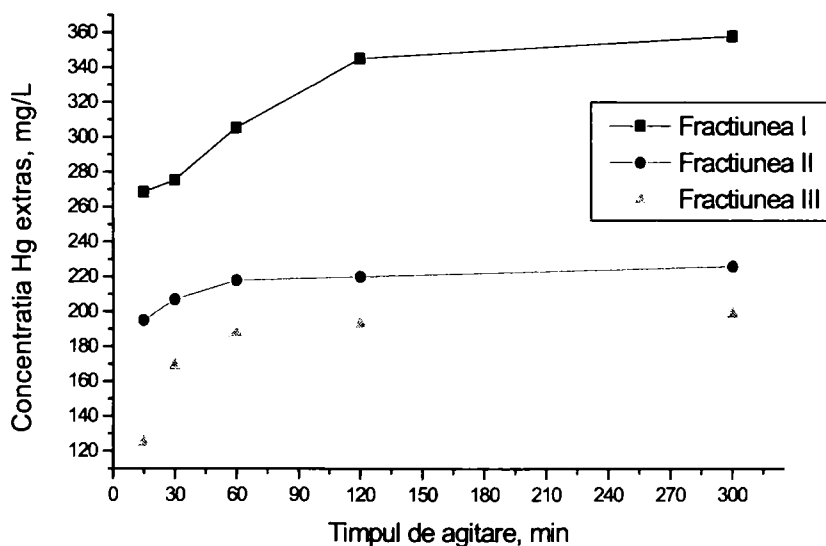


**Tabelul 9.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 7 :1 pentru fracțiunea II de sol

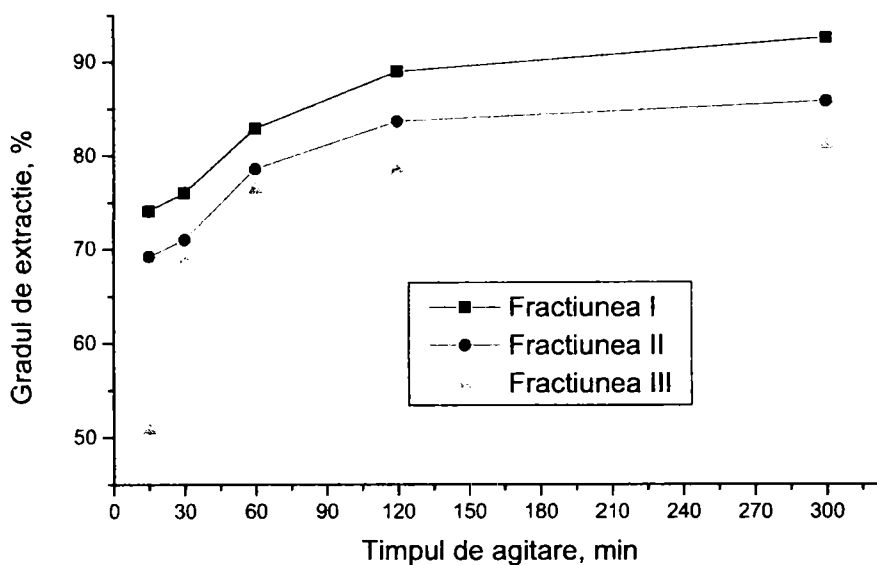
Nr, crt.	Timpul de agitare, [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	195,0	69,20
2.	30	207,0	71,00
3.	60	218,0	78,60
4.	120	220,0	83,65
5.	300	226,0	85,93

**Tabelul 10.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 7 :1 pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Timpul de agitare, [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	125,0	50,81
2.	30	169,0	68,69
3.	60	188,0	76,42
4.	120	193,0	78,45
5.	300	199,0	80,89



**Figura 22.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 7 :1



**Figura 23.** Dependența gradului de extracție a mercurului cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 7 : 1

Din datele experimentale se observă că la raportul L : S = 7 : 1, până la un timp de agitare de 120 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 120 min. Se poate observa că în cazul acestui raport L : S gradul de extracție al mercurului se apropie de 90% pentru toate cele trei fracțiuni de sol la timpul de agitare de 120 min.. Și aici la fracțiunea I de sol gradul de extracție este mai mare, dar nu mai există diferențe așa de mari între cele trei fracțiuni.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție în funcție de timpul de agitare la raport L:S = 8:1 pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 11-13 și figura 24 și 25

**Tabelul 11.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 8 : 1 pentru fracțiunea I de sol

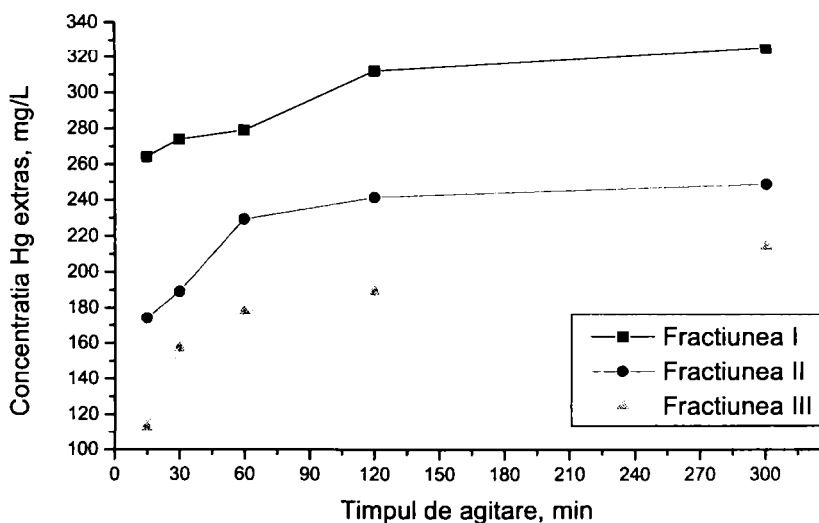
Nr. crt.	Timpul de agitare, [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	264,2	52,85
2.	30	274,0	57,41
3.	60	279,0	69,58
4.	120	312,0	73,38
5.	300	325,0	75,66

**Tabelul 12.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 8 :1 pentru fracțiunea II de sol

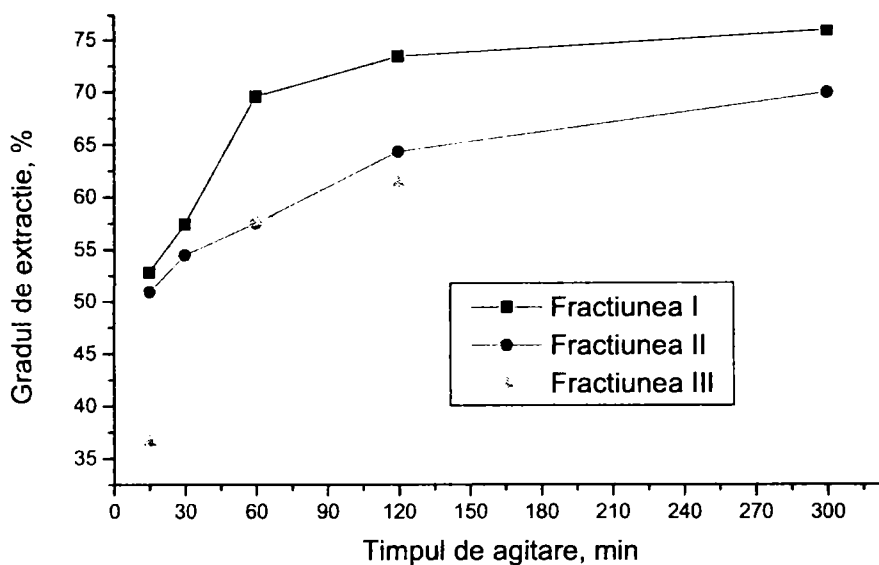
Nr, crt.	Timpul de agitare, [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	174,0	50,92
2.	30	189,0	54,47
3.	60	229,5	57,52
4.	120	241,5	64,32
5.	300	249,0	67,01

**Tabelul 13.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 8 :1 pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Timpul de agitare, [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	113,0	36,58
2.	30	157,0	50,81
3.	60	178,0	57,72
4.	120	189,0	61,38
5.	300	214,5	69,75



**Figura 24.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 8 :1



**Figura 25.** Dependența gradului de extracție a mercurului cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 8 : 1

Din datele experimentale se observă că la raportul L : S = 8 : 1, până la un timp de agitare de 120 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este ne semnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 120 min. Se observă că în cazul acestui raport L : S gradul de extracție pentru fracțiunile II și III are valori comparabile, neexistând diferențe semnificative. De asemenea se observă că față de raportul L : S = 7 : 1, valorile gradului de extracție scad.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 10 : 1 pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 14-16 și figurile 26 și 27

**Tabelul 14.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 10 : 1 pentru fracțiunea I de sol

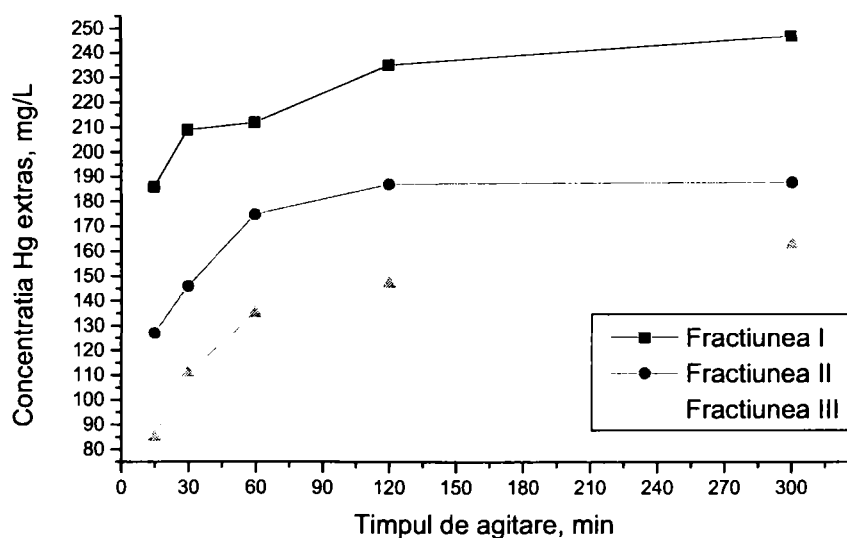
Nr, crt.	Timpul de agitare, [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	209,0	53,86
2.	30	186,0	55,51
3.	60	212,0	66,53
4.	120	235,0	71,10
5.	300	247,0	71,48

**Tabelul 15.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 10 :1 pentru fracțiunea II de sol

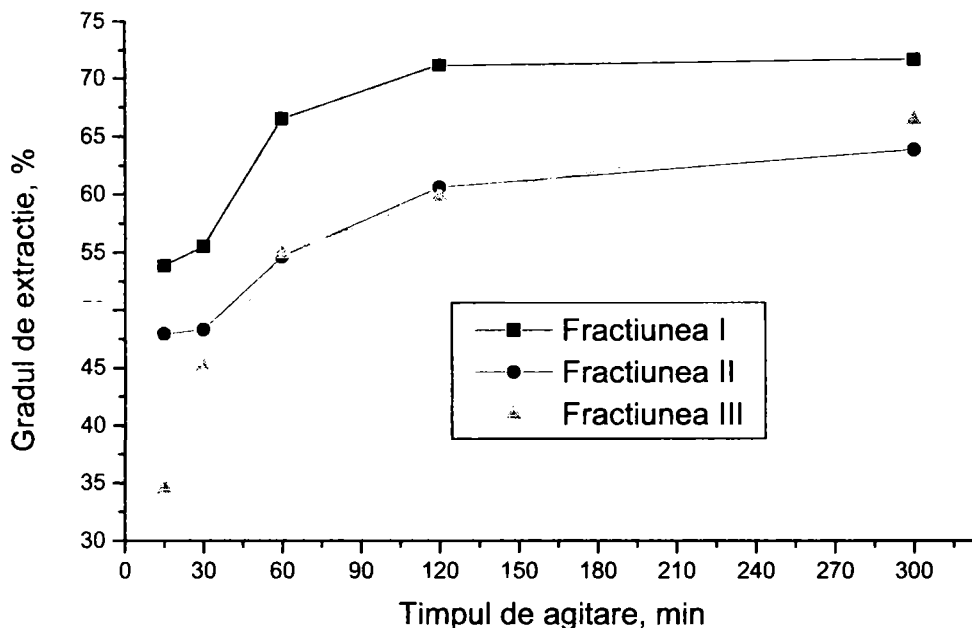
Nr, crt.	Timpul de agitare, [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	127,0	47,93
2.	30	146,0	48,28
3.	60	175,0	54,63
4.	120	187,0	60,56
5.	300	188,0	63,69

**Tabelul 16.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 10 :1 pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Timpul de agitare, [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	85,0	34,55
2.	30	111,0	45,12
3.	60	135,0	54,87
4.	120	147,0	59,75
5.	300	163,0	66,26



**Figura 26.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 10 :1



**Figura 27.** Dependența gradului de extracție a mercurului cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 10 : 1

Din datele experimentale se observă că la raportul L : S = 10 : 1, până la un timp de agitare de 120 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 120 min. Se observă că și în cazul acestui raport L : S, gradul de extracție pentru fracțiunile II și III are valori comparabile, neexistând diferențe semnificative. De asemenea se observă că față de raportul L : S = 7 : 1, valorile gradului de extracție scad.

### 3.2.2.2. Influența raportului lichid : solid (L : S)

Studiile au urmărit dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului pentru cele trei fracțiuni de sol în funcție de raportul L : S la diferiți timpi de agitare

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de raportul L:S la un timp de agitare de 15 min pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 17-19 și figurile 28 și 29.

**Tabelul 17.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 15 min pentru fracțiunea I de sol.

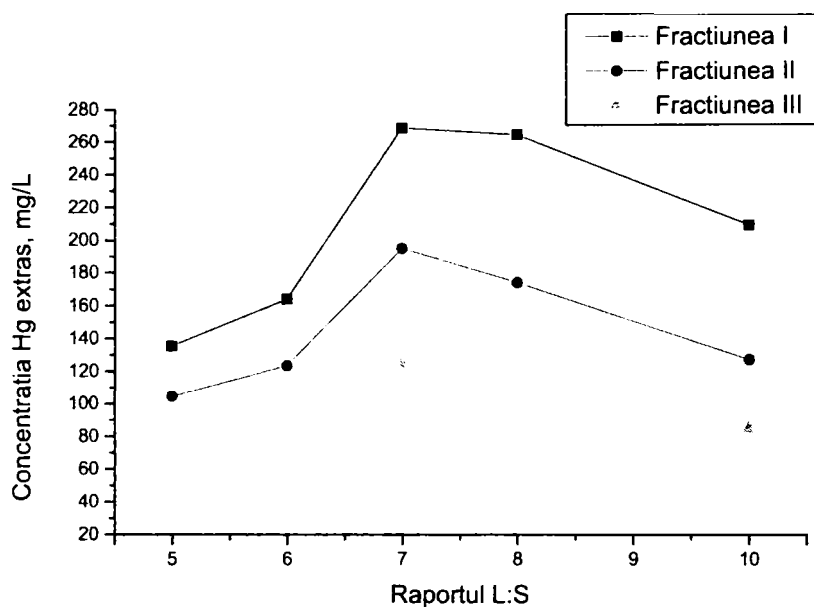
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	135,5	19,77
2.	6 : 1	164,0	28,13
3.	7 : 1	268,5	74,14
4.	8 : 1	264,2	52,85
5.	10 : 1	209,0	48,28

**Tabelul 18.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 15 min pentru fracțiunea II de sol

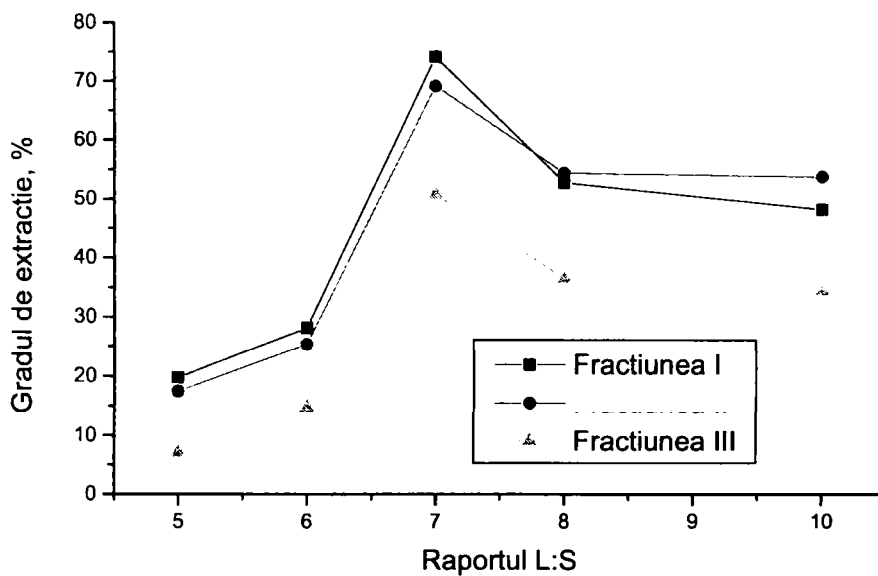
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	104,5	17,46
2.	6 : 1	123,5	25,36
3.	7 : 1	195,0	69,20
4.	8 : 1	174,0	54,47
5.	10 : 1	127,0	53,86

**Tabelul 19.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 15 min pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	35,0	7,11
2.	6 : 1	60,5	14,75
3.	7 : 1	125,0	50,81
4.	8 : 1	113,0	36,58
5.	10 : 1	85,0	34,55



**Figura 28.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 15 min



**Figura 29.** Dependența gradului de extracție al mercurului cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 15 min



Din datele experimentale se observă că la un timp de agitare de 15 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S optim în acest caz este 7:1.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de raportul L:S la un timp de agitare de 30 min pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 20-22 și figurile 30 și 31.

**Tabelul 20.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 30 min pentru fracțiunea I de sol

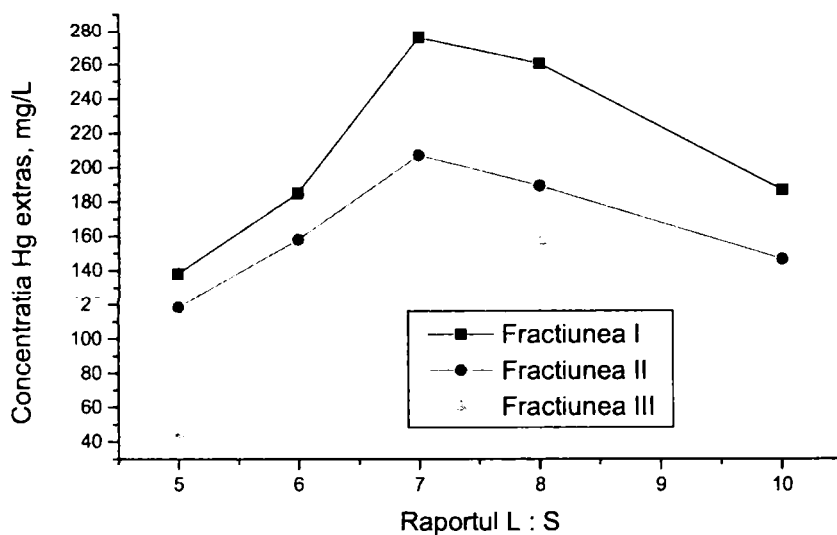
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	138,0	22,43
2.	6 : 1	185,0	35,74
3.	7 : 1	275,5	76,04
4.	8 : 1	274,0	57,41
5.	10 : 1	186,0	55,51

**Tabelul 21.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 30 min pentru fracțiunea II de sol

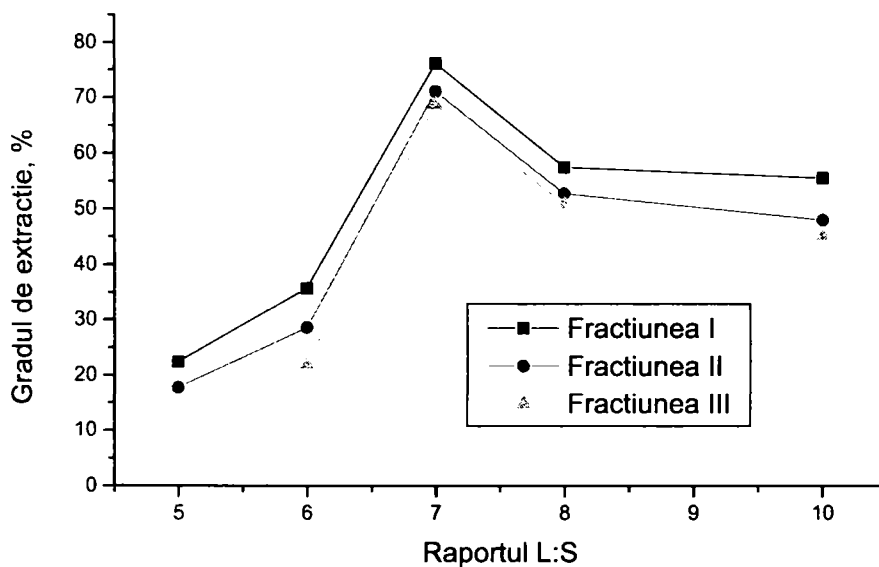
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	118,5	17,78
2.	6 : 1	158,0	28,60
3.	7 : 1	207,0	71,00
4.	8 : 1	169,0	52,72
5.	10 : 1	146,0	47,93

**Tabelul 22.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 30 min pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	43,5	8,53
2.	6 : 1	90,5	21,95
3.	7 : 1	169,0	68,69
4.	8 : 1	157,0	50,81
5.	10 : 1	111,0	45,12



**Figura 30.** Dependenta concentratiei mercurului extras cu solutie de Na-EDTA 0,1M în functie de raportul L : S la un timp de agitare de 30 min



**Figura 31.** Dependenta gradului de extractie al mercurului cu solutie de Na-EDTA 0,1M în functie de raportul L : S la un timp de agitare de 30 min

Din datele experimentale se observă că la un timp de agitare de 30 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S

optim în acest caz este 7:1. Creșterea timpului de agitare de la 15 min la 30 min nu a dus la o creștere semnificativă a gradului de extracție, de aceea se va mări intervalul de creștere al timpului de agitare de la 15 min la 30 min

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de raportul L:S la un timp de agitare de 60 min pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 23-25 și figurile 32 și 33

**Tabelul 23.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 60 min pentru fracțiunea I de sol

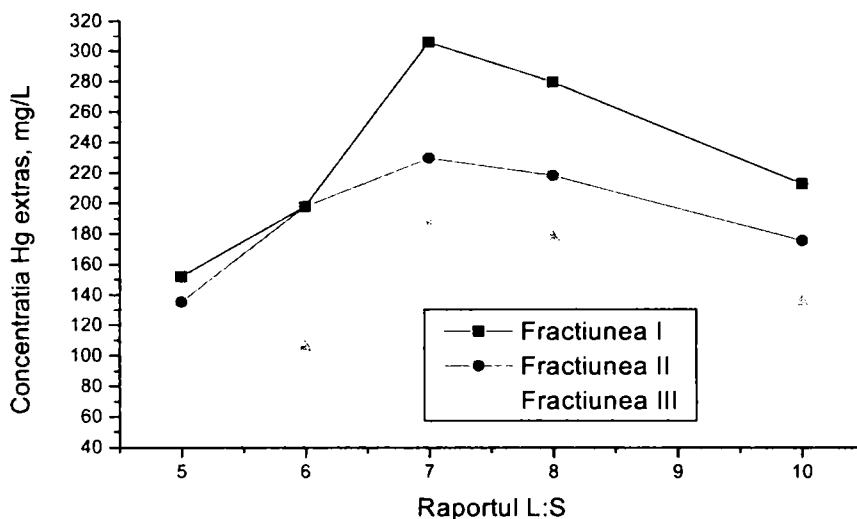
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	152,0	25,47
2.	6 : 1	198,0	44,86
3.	7 : 1	305,5	78,60
4.	8 : 1	279,0	66,78
5.	10 : 1	212,0	65,53

**Tabelul 24.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 60 min pentru fracțiunea II de sol

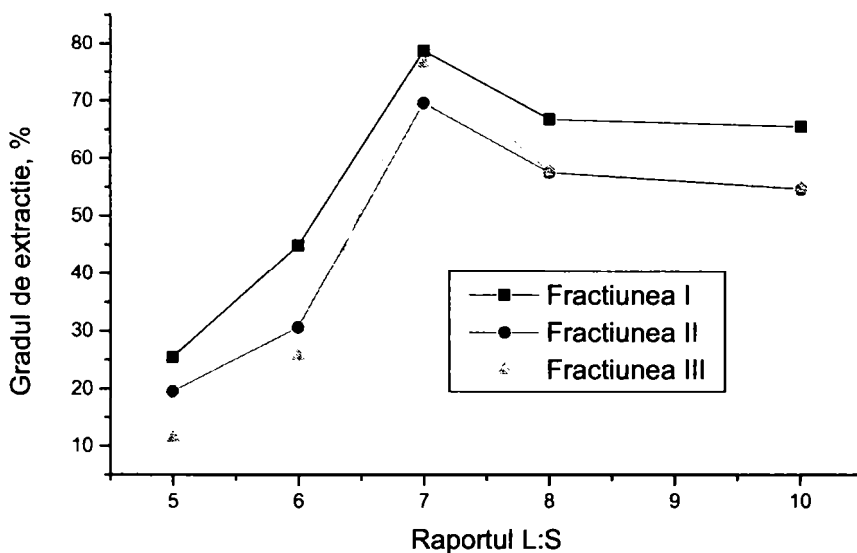
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	135,5	19,58
2.	6 : 1	198,0	30,61
3.	7 : 1	229,0	69,58
4.	8 : 1	218,0	57,52
5.	10 : 1	175,0	54,63

**Tabelul 25.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 60 min pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	57,5	11,38
2.	6 : 1	105,5	25,73
3.	7 : 1	188,0	76,42
4.	8 : 1	178,0	57,72
5.	10 : 1	135,0	54,87



**Figura 32.** Dependenta concentratiei mercurului extras cu solutie de Na-EDTA 0,1M în functie de raportul L : S la un timp de agitare de 60 min



**Figura 33.** Dependenta gradului de extractie a mercurului cu solutie de Na-EDTA 0,1M în functie de raportul L : S la un timp de agitare de 60 min

Din datele experimentale se observă că la un timp de agitare de 60 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S optim și în acest caz este 7:1. Creșterea timpului de agitare de la 30 min la 60 min nu a dus la o creștere semnificativă a gradului de extracție, deci mărirea intervalului

de creștere a timpului de agitare cu 30 de min nu a fost suficientă, de aceea se va mări intervalul de creștere al timpului de agitare de la 30 min la 60 min

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de raportul L:S la un timp de agitare de 120 min pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 26-28 și figurile 34 și 35

**Tabelul 26.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 120 min pentru fracțiunea I de sol

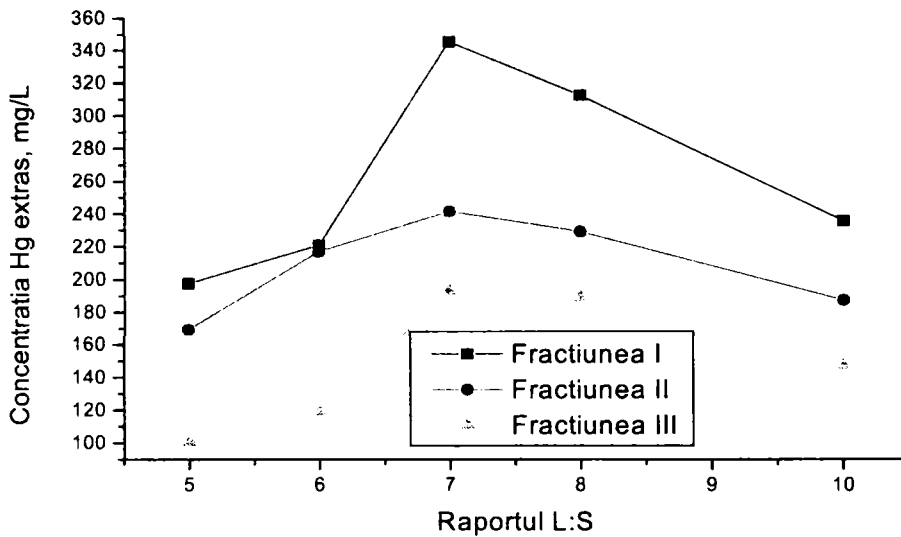
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	197,5	31,93
2.	6 : 1	221,0	49,42
3.	7 : 1	345,0	88,91
4.	8 : 1	312,0	73,38
5.	10 : 1	235,0	71,10

**Tabelul 27.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 120 min pentru fracțiunea II de sol

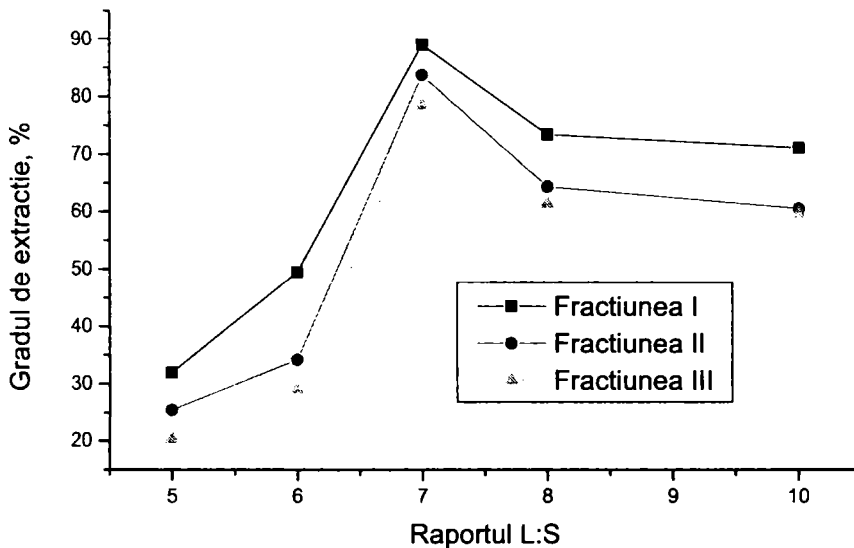
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	169,5	25,45
2.	6 : 1	217,0	34,17
3.	7 : 1	241,5	83,65
4.	8 : 1	229,0	64,32
5.	10 : 1	187,0	60,56

**Tabelul 28.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 120 min pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	100,5	20,32
2.	6 : 1	119,0	29,02
3.	7 : 1	193,0	78,45
4.	8 : 1	189,0	61,38
5.	10 : 1	147,0	59,75



**Figura 34.** Dependenta concentrației mercurului extras cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 120 min



**Figura 35.** Dependenta gradului de extracție al mercurului cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 120 min

Din datele experimentale se observă că la un timp de agitare de 120 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S optim și în acest caz este 7:1. Creșterea timpului de agitare de la 60 min la 120 min

a dus la o creștere semnificativă a gradului de extracție. (până la 88,91%). Pentru a vedea dacă gradul de extracție crește semnificativ la o creștere a timpului de agitare la 300 min s-au continuat determinările.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și gradul de extracție cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de raportul L:S la un timp de agitare de 300 min pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 29-31 și figurile 36 și 37.

**Tabelul 29.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 300 min pentru fracțiunea I de sol

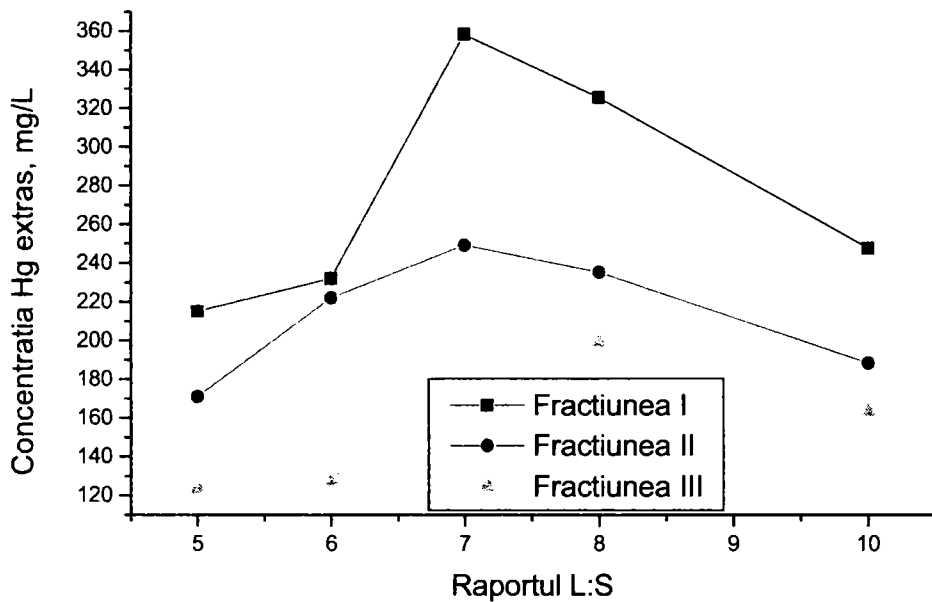
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	215,0	27,70
2.	6 : 1	232,0	35,87
3.	7 : 1	358,0	92,26
4.	8 : 1	325,0	67,01
5.	10 : 1	247,0	63,69

**Tabelul 30.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 300 min pentru fracțiunea II de sol

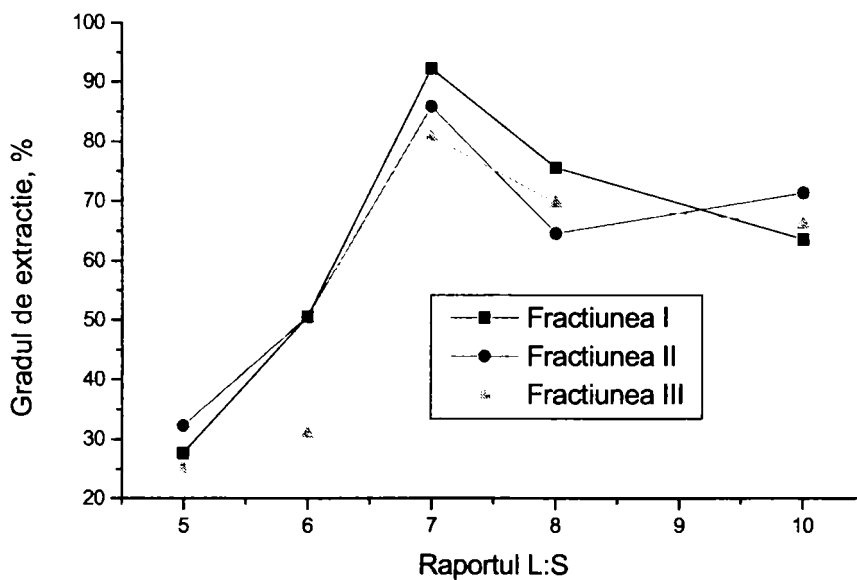
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	171,0	32,31
2.	6 : 1	222,0	50,57
3.	7 : 1	249,0	85,93
4.	8 : 1	235,0	75,66
5.	10 : 1	188,0	71,48

**Tabelul 31.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 300 min pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras [mg/L]	$\eta$ de extracție [%]
1.	5 : 1	123,5	25,08
2.	6 : 1	127,0	30,97
3.	7 : 1	214,5	80,89
4.	8 : 1	199,0	69,75
5.	10 : 1	163,0	66,26



**Figura 36.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 300 min



**Figura 37.** Dependența gradului de extracție a mercurului cu soluție de Na-EDTA 0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 300 min



Din datele experimentale se observă că la un timp de agitare de 300 min până la un raport  $L : S = 7 : 1$  crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului  $L : S$ . Deci se poate concluziona că raportul  $L : S$  optim și în acest caz este  $7:1$ . Mărirea timpului de agitare la 300 min nu a dus la o creștere semnificativă a gradului de extracție față de valoarea obținută la un timp de agitare de 120 min. Creșterea de 3,35% ( $92,26 - 88,91 = 3,35 \%$ ) nu justifică mărirea timpului de agitare la 5 ore.

### 3.2.3. Studii privind eliminarea mercurului din sol utilizând soluție de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 M

Studiile au urmărit dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului pentru cele trei fracțiuni de sol în funcție de timpul de agitare la diferite rapoarte  $L : S$

#### 3.2.3.1. Influența timpului de agitare

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de timpul de agitare la raport  $L : S = 5 : 1$  pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 32-34 și figurile 38 și 39.

**Tabelul 32.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de timpul de agitare la raport  $L : S = 5 : 1$  pentru fracțiunea I de sol

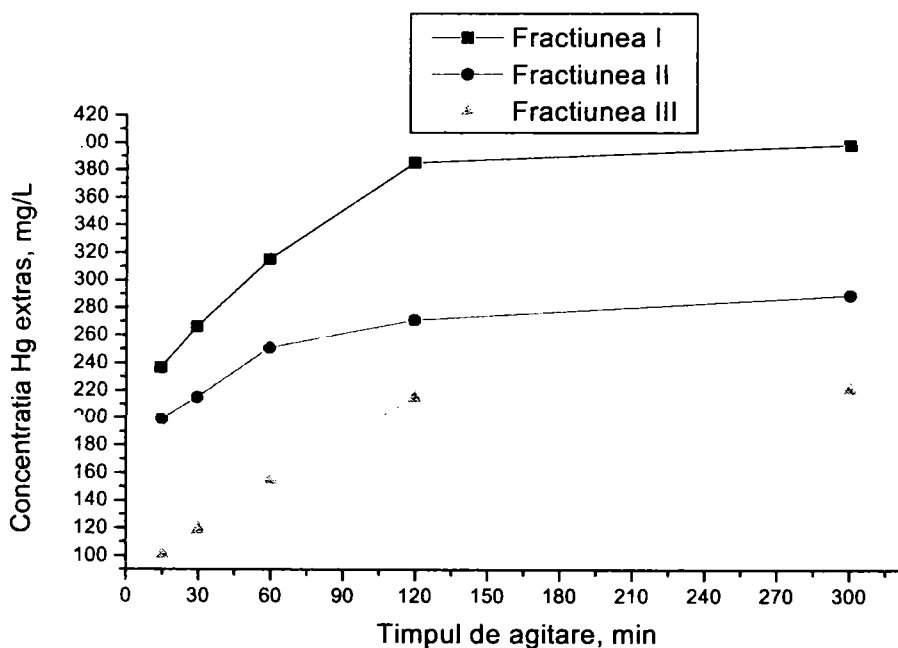
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	236,5	38,75
2.	30	266,0	41,05
3.	60	315,0	48,66
4.	120	385,0	53,05
5.	300	398,0	53,94

**Tabelul 33.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de timpul de agitare la raport  $L : S = 5 : 1$  pentru fracțiunea II de sol

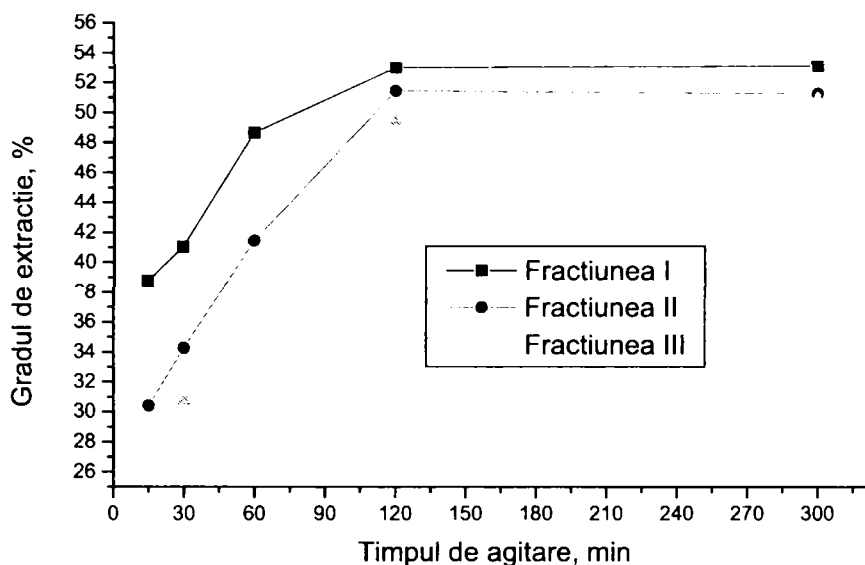
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	199,0	30,41
2.	30	215,0	34,27
3.	60	251,0	41,46
4.	120	271,0	51,28
5.	300	289,0	51,98

**Tabelul 34.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a acestuia cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 5 : 1 pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	101,0	27,05
2.	30	119,0	30,75
3.	60	155,0	39,85
4.	120	215,0	49,45
5.	300	221,0	50,95



**Figura 38.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 5 : 1



**Figura 39.** Dependența gradului de extracție al mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 5 : 1

Din datele experimentale se observă că la raportul L : S = 5 : 1, până la un timp de agitare de 120 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 120 min.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L:S = 6:1 pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 35-37 și figurile 40 și 41.

**Tabelul 35.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 6 : 1 pentru fracțiunea I de sol

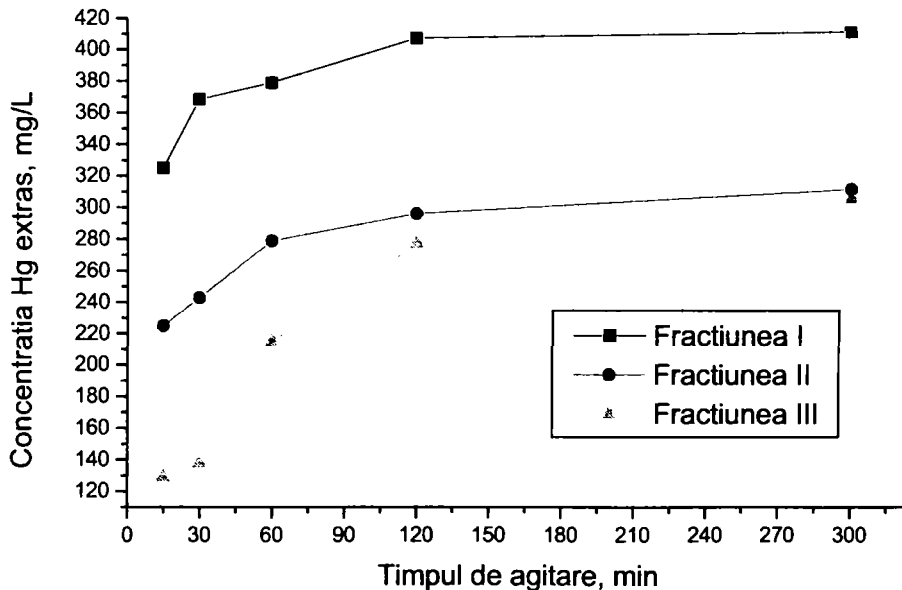
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	325,0	50,25
2.	30	368,5	58,50
3.	60	379,0	59,95
4.	120	407,5	62,88
5.	300	411,5	63,40

**Tabelul 36.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 6 : 1 pentru fracțiunea II de sol

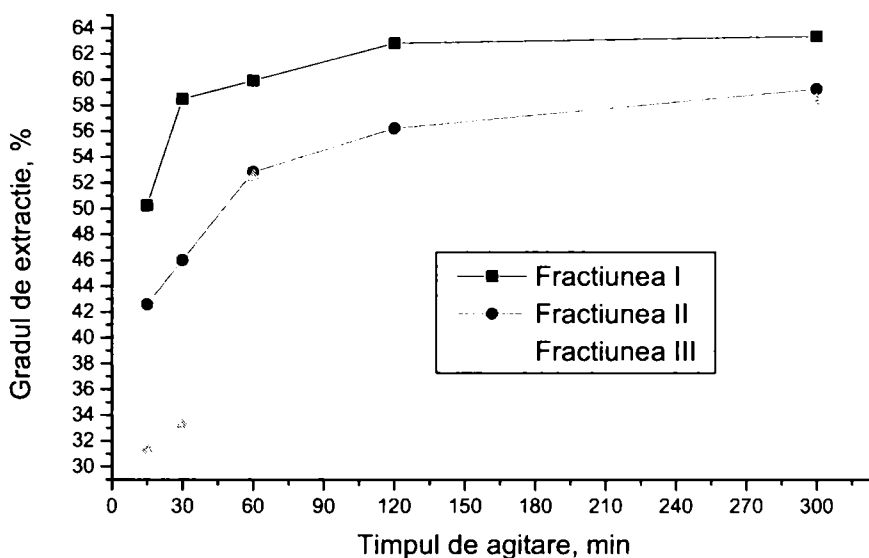
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	225,0	42,58
2.	30	243,0	46,00
3.	60	279,0	52,85
4.	120	296,5	56,27
5.	300	312,0	59,31

**Tabelul 37.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 6 : 1 pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	129,0	31,30
2.	30	138,0	33,33
3.	60	215,0	52,43
4.	120	277,5	54,47
5.	300	306,0	58,39



**Figura 40.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 6 : 1



**Figura 41.** Dependența gradului de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 6 : 1

Din datele experimentale se observă că la raportul L : S = 6 : 1, până la un timp de agitare de 120 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 120 min. De asemenea se observă în cazul fracțiunii III de sol un salt în creșterea gradului de extracție al mercurului la un timp de agitare de 60 min.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L:S = 7:1 pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 38-40 și figurile 42 și 43

**Tabelul 38.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 7 : 1 pentru fracțiunea I de sol

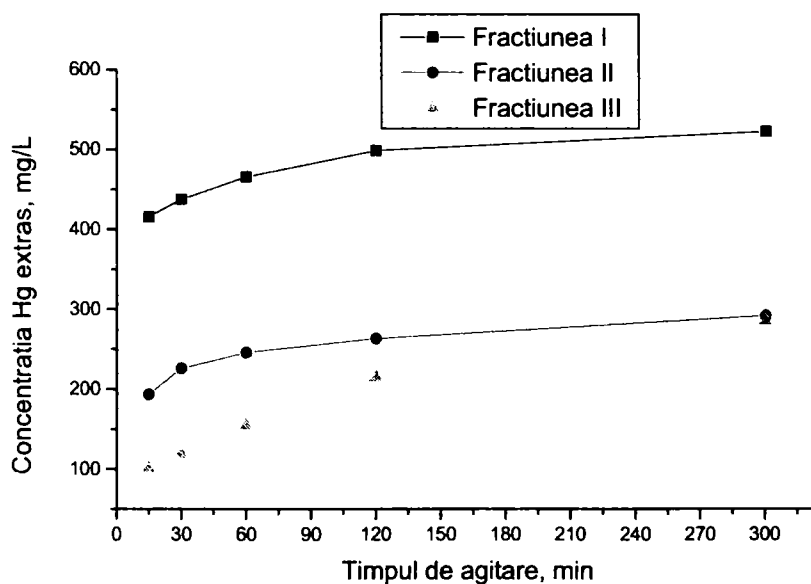
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	415,7	75,00
2.	30	437,6	84,02
3.	60	465,8	89,94
4.	120	498,7	97,93
5.	300	523,2	98,86

**Tabelul 39.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 7 : 1 pentru fracțiunea II de sol

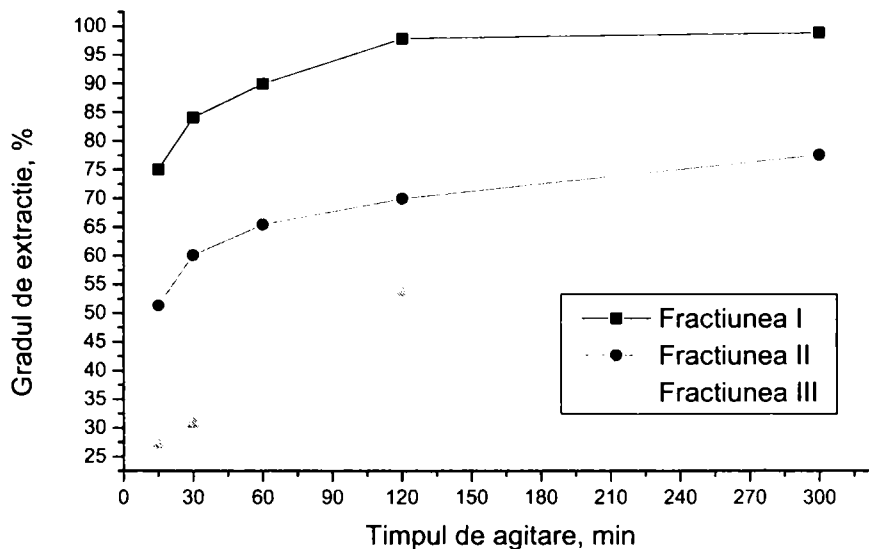
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	193,5	51,33
2.	30	226,0	60,07
3.	60	246,0	65,39
4.	120	263,5	69,96
5.	300	292,5	77,56

**Tabelul 40.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 7 : 1 pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	101,0	27,05
2.	30	119,0	30,75
3.	60	155,0	41,85
4.	120	215,0	53,45
5.	300	286,0	68,95



**Figura 42.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 7 : 1



**Figura 43.** Dependența gradului de extracție al mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de timpul de agitare la raport  $L : S = 7 : 1$

Din datele experimentale se observă că la raportul  $L : S = 7 : 1$ , până la un timp de agitare de 120 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este ne semnificativă. Deci se poate conclud că timpul optim de agitare este de 120 min. În cazul fracțiunii III de sol se observă o creștere ceva mai mare a gradului de extracție la 300 min. Se poate observa că în cazul acestui raport  $L : S$  gradul de extracție al mercurului se apropie de 100% pentru fracțiunea I de sol, iar în cazul celorlalte două fracțiuni crește față de rapoartele analizate anterior..

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și gradul de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de timpul de agitare la raport  $L:S = 8:1$  pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 41-43 și figurile 44 și 45.

**Tabelul 41.** Dependența concentrației mercurului extras și gradul de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de timpul de agitare la raport  $L : S = 8 : 1$  pentru fracțiunea I de sol

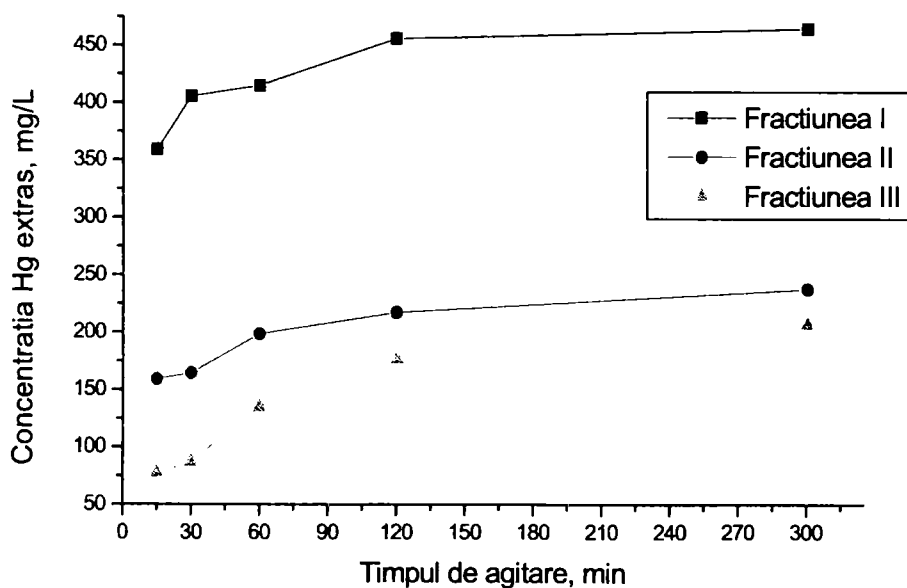
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	359,0	73,96
2.	30	405,5	83,50
3.	60	415,0	85,56
4.	120	456,0	93,81
5.	300	465,0	94,15

**Tabelul 42.** Dependența concentrației mercurului extras și gradul de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 8 : 1 pentru fracțiunea II de sol

Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	159,0	48,28
2.	30	164,5	49,80
3.	60	198,5	60,07
4.	120	217,5	69,42
5.	300	238,0	72,24

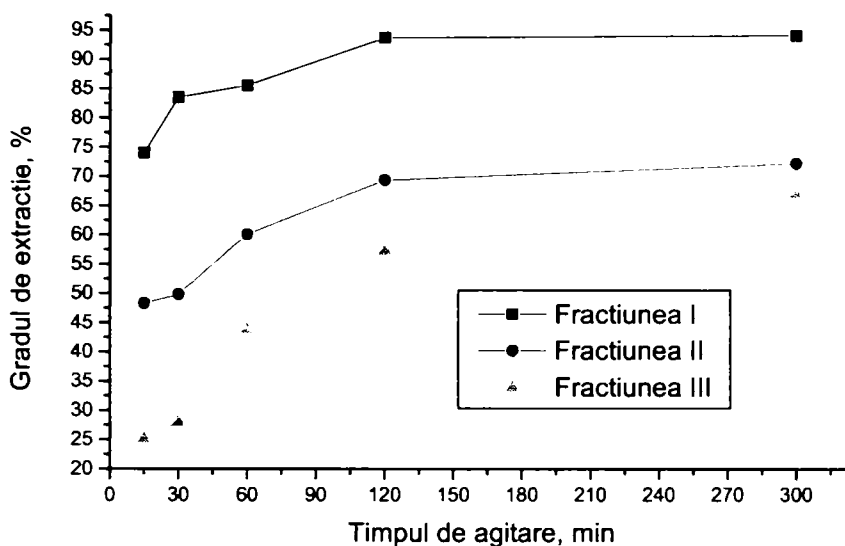
**Tabel 43.** Dependența concentrației mercurului extras și gradul de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 8 : 1 pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	77,5	25,20
2.	30	87,0	28,04
3.	60	135,0	43,90
4.	120	177,0	57,31
5.	300	206,8	67,07



**Figura 44.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 8 : 1





**Figura 45.** Dependența gradului de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 8 : 1

Din datele experimentale se observă că la raportul L : S = 8 : 1, până la un timp de agitare de 120 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 120 min. În cazul acestui raport de amestecare L:S se observă diferențe mari între valorile gradului de extracție pentru fracțiunea I de sol față de gradul de extracție în cazul fracțiunilor II și III, în sensul că pentru fracțiunea I de sol gradul de extracție este mult mai mare.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție al mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 10 : 1 pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 44-46 și figurile 46 și 47.

**Tabelul 44.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție al mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 10 : 1 pentru fracțiunea I de sol

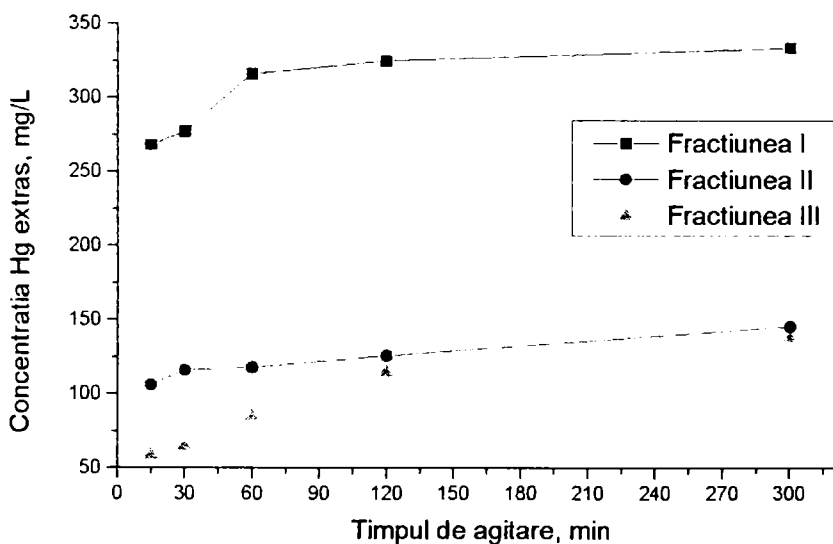
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	268,0	69,07
2.	30	277,0	71,39
3.	60	316,0	81,44
4.	120	325,0	83,76
5.	300	334,0	86,08

**Tabelul 45.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție al mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 10 :1 pentru fracțiunea II de sol

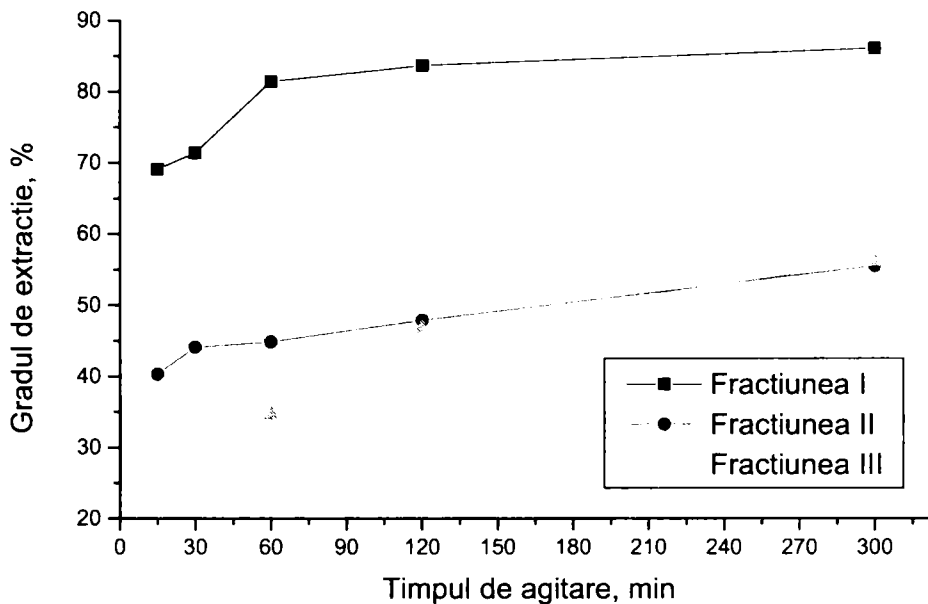
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	106,0	40,30
2.	30	116,0	44,10
3.	60	118,0	44,86
4.	120	126,0	47,90
5.	300	146,0	55,51

**Tabelul 46.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție al mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 10 :1 pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	59,0	23,98
2.	30	65,0	26,42
3.	60	85,0	34,55
4.	120	115,0	46,74
5.	300	138,0	56,09



**Figura 46.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 10 :1



**Figura 47.** Dependența gradului de extracție al mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 10 : 1

Din datele experimentale se observă că la raportul L : S = 10 : 1, până la un timp de agitare de 120 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este ne semnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 120 min. Și în cazul acestui raport de amestecare L:S se observă diferențe mari între valorile gradului de extracție pentru fracțiunea I de sol față de gradul de extracție în cazul fracțiunilor II și III, în sensul că pentru fracțiunea I de sol gradul de extracție este mult mai mare. De asemenea se observă că gradul de extracție pentru fracțiunile II și III are valori comparabile la timp de agitare de 120 min și 300 min

### 3.2.3.2. Influența raportului lichid : solid (L : S)

Studiile au urmărit dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție al mercurului pentru cele trei fracțiuni de sol în funcție de raportul L : S la diferiți timp de agitare.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și gradul de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de raportul L:S la un timp de agitare de 15 min pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 47-49 și figurile 48 și 49.

**Tabelul 47.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție al mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 15 min pentru fracțiunea I de sol

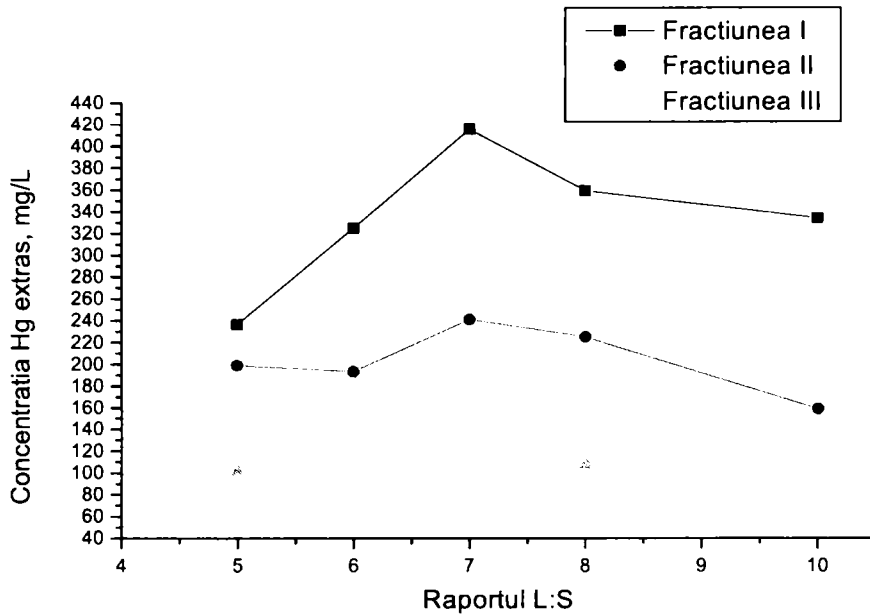
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	236,5	48,28
2.	6 : 1	325,0	51,33
3.	7 : 1	415,7	86,08
4.	8 : 1	359,0	73,96
5.	10 : 1	334,0	75,00

**Tabelul 48.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 15 min pentru fracțiunea II de sol

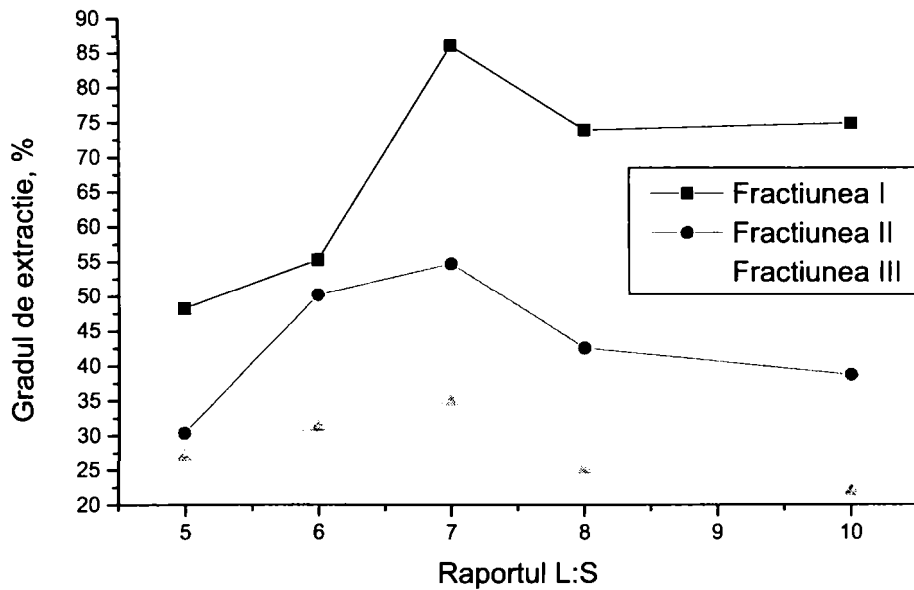
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	199,0	30,41
2.	6 : 1	193,5	50,25
3.	7 : 1	241,1	54,75
4.	8 : 1	225,0	42,58
5.	10 : 1	159,0	38,75

**Tabel 49.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 15 min pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	101,0	27,05
2.	6 : 1	129,0	31,30
3.	7 : 1	172,2	34,95
4.	8 : 1	107,5	25,20
5.	10 : 1	89,0	21,98



**Figura 48.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 15 min



**Figura 49.** Dependența gradului de extractie a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 15 min

Din datele experimentale se observă că la un timp de agitare de 15 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S optim în acest caz este 7:1.

De asemenea se observă o mare diferență în gradul de extracție pentru fracțiunea I față de fracțiunea III la raportul L:S = 7:1.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și gradul de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de raportul L:S la un timp de agitare de 30 min pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 50-52 și figurile 50 și 51

**Tabelul 50.** Dependența concentrației mercurului extras și gradul de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 30 min pentru fracțiunea I de sol

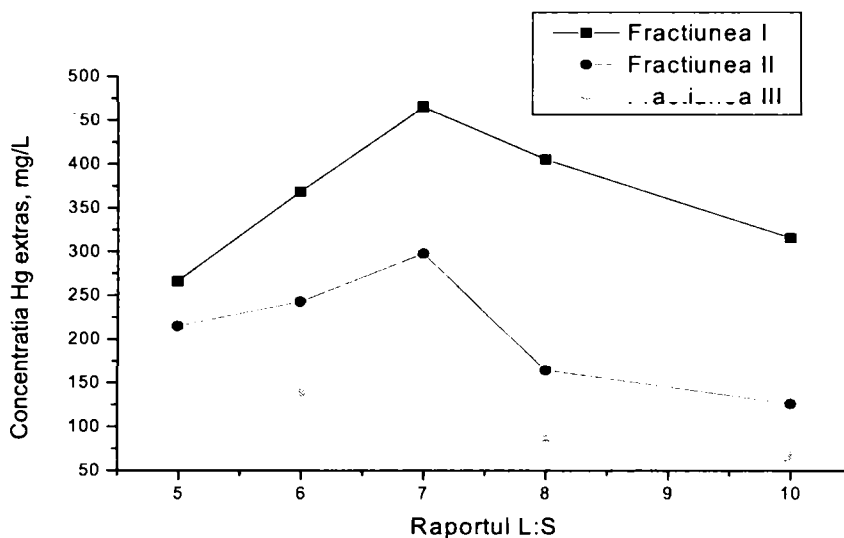
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	266,0	41,05
2.	6 : 1	368,5	59,95
3.	7 : 1	465,6	84,02
4.	8 : 1	405,5	83,50
5.	10 : 1	316,0	81,44

**Tabelul 51.** Dependența concentrației mercurului extras și gradul de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 30 min pentru fracțiunea II de sol

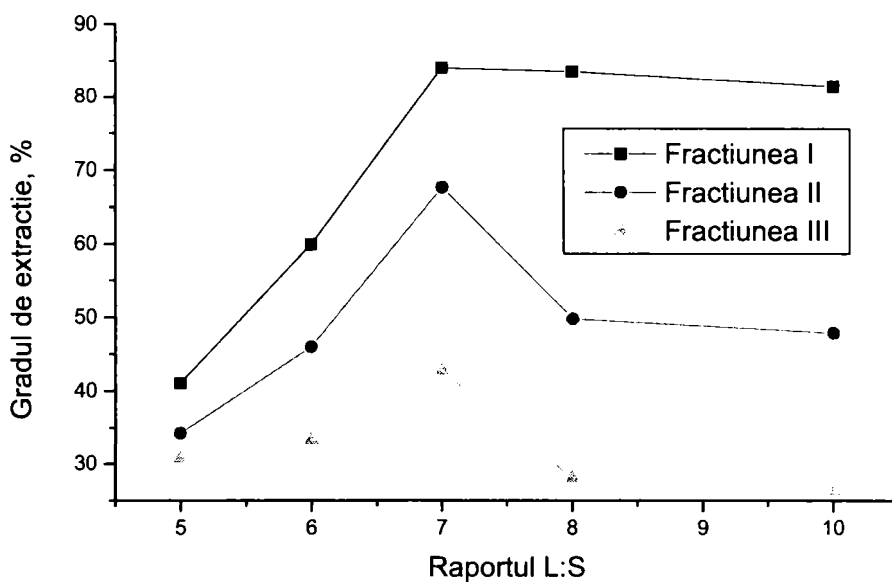
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	215,0	34,27
2.	6 : 1	243,0	46,00
3.	7 : 1	298,0	67,68
4.	8 : 1	164,5	49,80
5.	10 : 1	126,0	47,90

**Tabelul 52.** Dependența concentrației mercurului extras și gradul de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 30 min pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	119,0	30,75
2.	6 : 1	138,0	33,33
3.	7 : 1	210,0	42,68
4.	8 : 1	87,0	28,04
5.	10 : 1	65,0	26,42



**Figura 50.** Dependenta concentrației mercurului extras cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 30 min



**Figura 51.** Dependenta gradului de extracție al mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 30 min

Din datele experimentale se observă că la un timp de agitare de 30 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii

gradului de diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S optim în acest caz este 7:1.

Se observă o scădere mai bruscă a gradului de extracție a mercurului în cazul fracțiunilor II și III de sol.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de absorbție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de raportul L:S la un timp de agitare de 60 min pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 53-55 și figurile 52 și 53,

**Tabelul 53.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de absorbție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 60 min pentru fracțiunea I de sol

Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	315,0	48,66
2.	6 : 1	379,0	58,50
3.	7 : 1	498,8	89,94
4.	8 : 1	415,0	85,56
5.	10 : 1	277,0	71,39

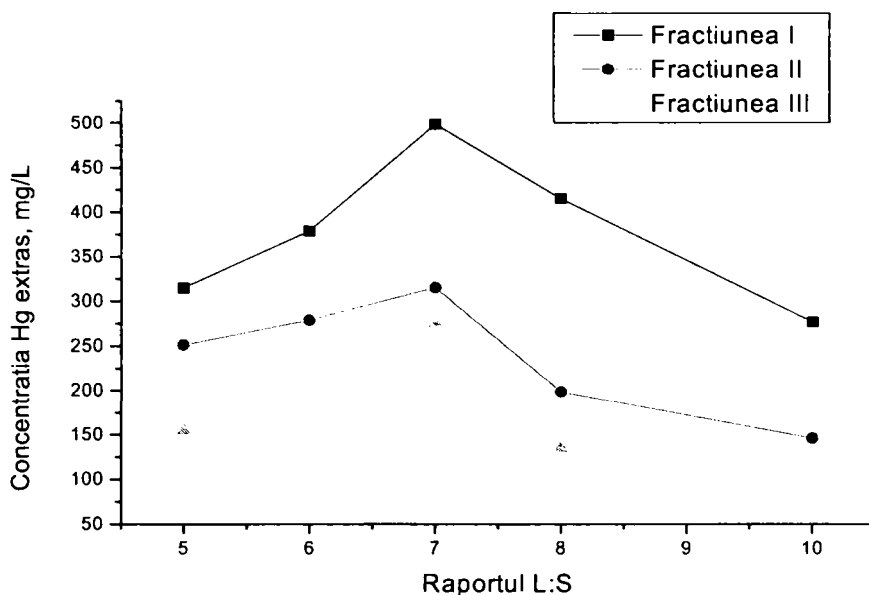
**Tabelul 54.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de absorbție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 60 min pentru fracțiunea II de sol

Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	251,0	40,46
2.	6 : 1	279,0	52,85
3.	7 : 1	315,6	71,86
4.	8 : 1	198,5	60,07
5.	10 : 1	146,0	55,51

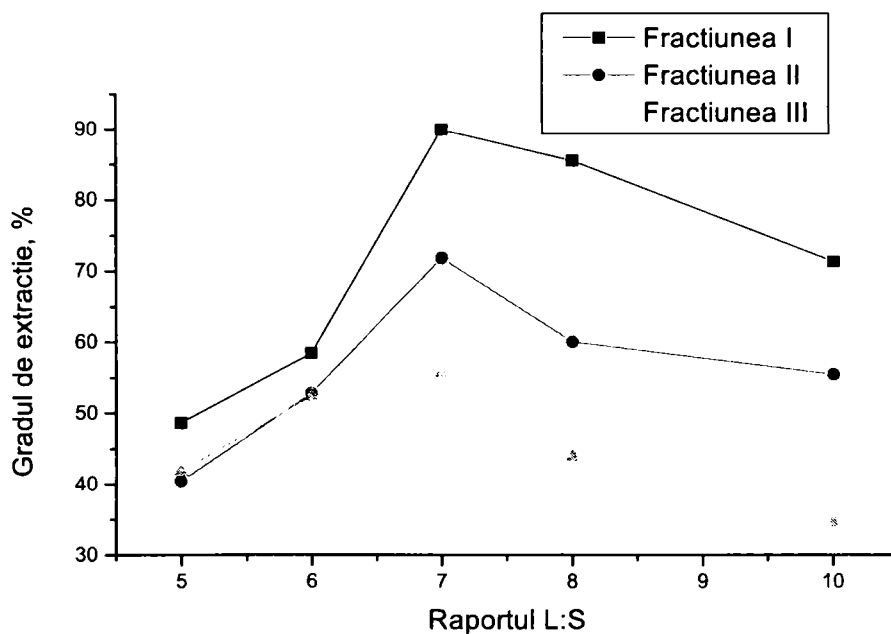
**Tabelul 55.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de absorbție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 60 min pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	155,0	41,85
2.	6 : 1	215,0	52,43
3.	7 : 1	275,5	55,69
4.	8 : 1	135,0	43,90
5.	10 : 1	85,0	34,55





**Figura 52.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 60 min



**Figura 53.** Dependența gradului de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 60 min

Din datele experimentale se observă că la un timp de agitare de 60 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Cea mai eficientă extracție este în cazul fracțiunii I de sol unde gradul de extracție ajunge la 90%. În cazul fracțiunilor II și III gradul de extracție este mai mic

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de raportul L:S la un timp de agitare de 120 min pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 56-58 și figurile 54 și 55.

**Tabelul 56.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 120 min pentru fracțiunea I de sol

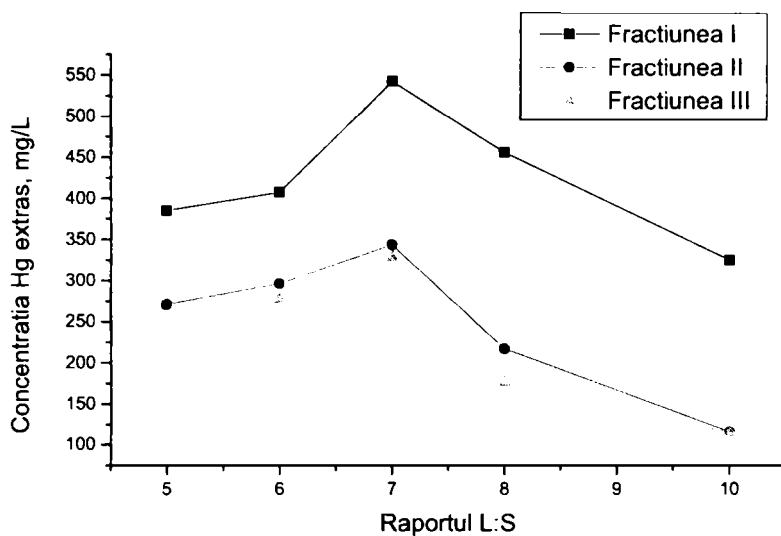
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	385,0	53,45
2.	6 : 1	407,5	67,47
3.	7 : 1	543,2	97,93
4.	8 : 1	456,0	93,81
5.	10 : 1	325,0	83,76

**Tabelul 57.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 120 min pentru fracțiunea II de sol

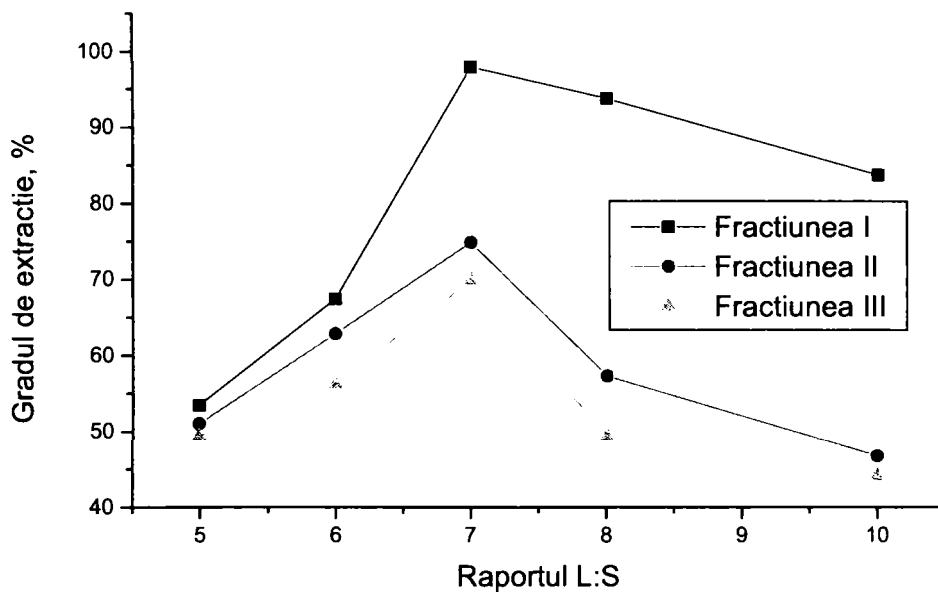
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	271,0	51,05
2.	6 : 1	296,5	62,88
3.	7 : 1	344,0	74,90
4.	8 : 1	217,5	57,31
5.	10 : 1	116,0	46,74

**Tabelul 58.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 120 min pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	215,0	49,48
2.	6 : 1	277,5	56,27
3.	7 : 1	328,7	69,91
4.	8 : 1	177,0	49,42
5.	10 : 1	115,0	44,10



**Figura 54.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 120 min



**Figura 55.** Dependența gradului de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 120 min

Din datele experimentale se observă că la un timp de agitare de 120 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Cea mai eficientă extracție este în cazul fracțiunii I de sol unde gradul de extracție ajunge la 98%. În cazul fracțiunilor II și III gradul de extracție este mai mic și scade foarte mult spre raportul L:S = 10 : 1

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de raportul L:S la un timp de agitare de 300 min pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 59-61 și figurile 56 și 57.

**Tabelul 59.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 300 min pentru fracțiunea I de sol

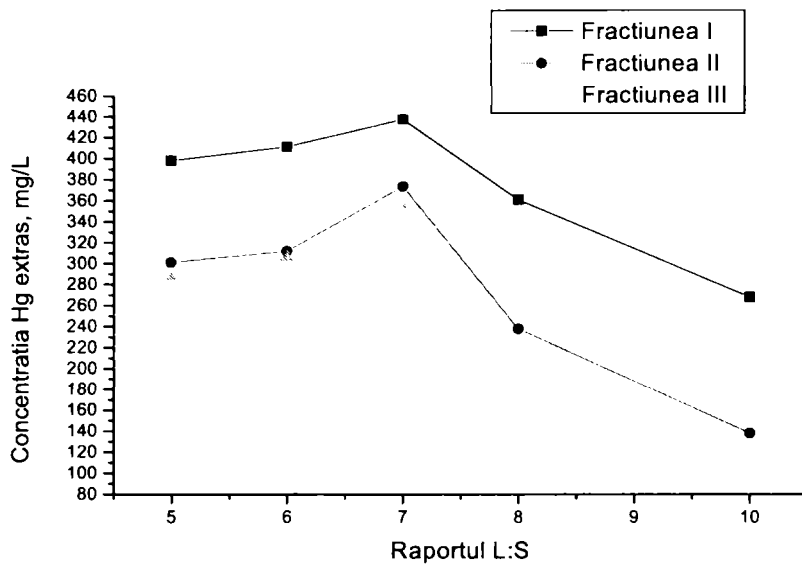
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	398,0	68,95
2.	6 : 1	411,5	74,39
3.	7 : 1	437,8	80,98
4.	8 : 1	361,0	74,22
5.	10 : 1	268,0	69,07

**Tabelul 60.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 300 min pentru fracțiunea II de sol

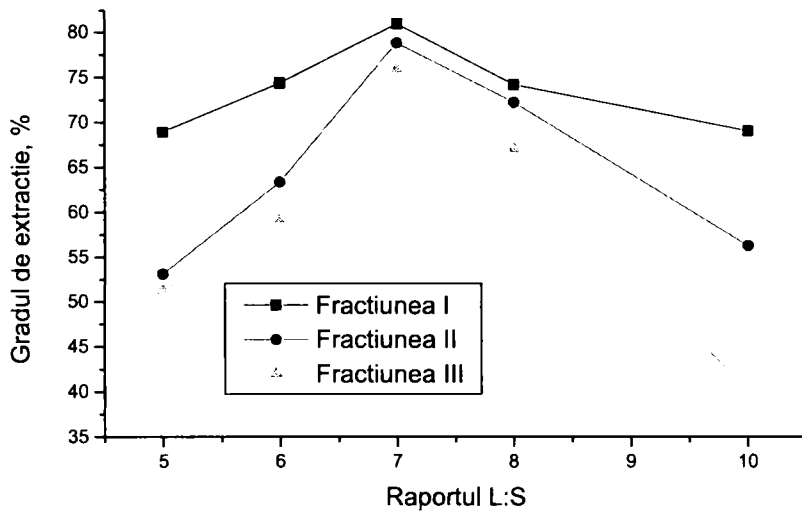
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	301,0	53,14
2.	6 : 1	312,0	63,40
3.	7 : 1	355,0	78,86
4.	8 : 1	238,0	72,24
5.	10 : 1	106,0	40,30

**Tabelul 61.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 300 min pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	286,0	51,28
2.	6 : 1	306,0	59,31
3.	7 : 1	373,9	76,01
4.	8 : 1	206,8	67,07
5.	10 : 1	138,0	56,09



**Figura 56.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 300 min



**Figura 57.** Dependența gradului de extracție a mercurului cu soluție de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 300 min

Din datele experimentale se observă că la un timp de agitare de 300 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Se observă o creștere mai mare la fracțiunea I, dar și la celelalte fracțiuni după care scade la valori mici.

**3.2.4. Studii privind eliminarea mercurului din sol utilizând soluție de KI 0,1M la pH acid**

Studiile au urmărit dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului pentru cele trei fracțiuni de sol în funcție de timpul de agitare la diferite rapoarte L : S

**3.2.4.1. Influența timpului de agitare**

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH acid (pH = 1,5) în funcție de timpul de agitare la raport L:S = 5:1 pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 62-64 și figurile 58 și 59

**Tabelul 62.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 5 :1 pentru fracțiunea I de sol

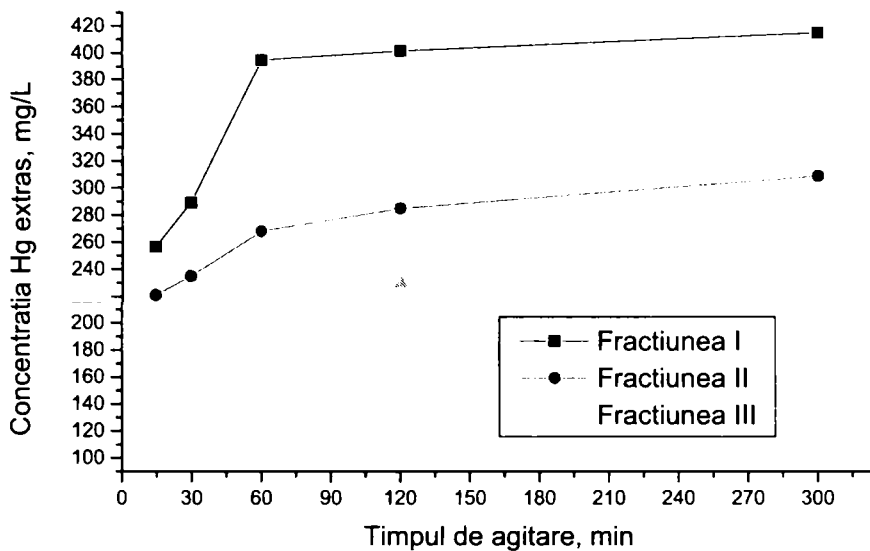
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	256,6	39,15
2.	30	289,0	42,47
3.	60	395,0	61,23
4.	120	402,0	62,66
5.	300	415,0	62,87

**Tabelul 63.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 5 :1 pentru fracțiunea II de sol

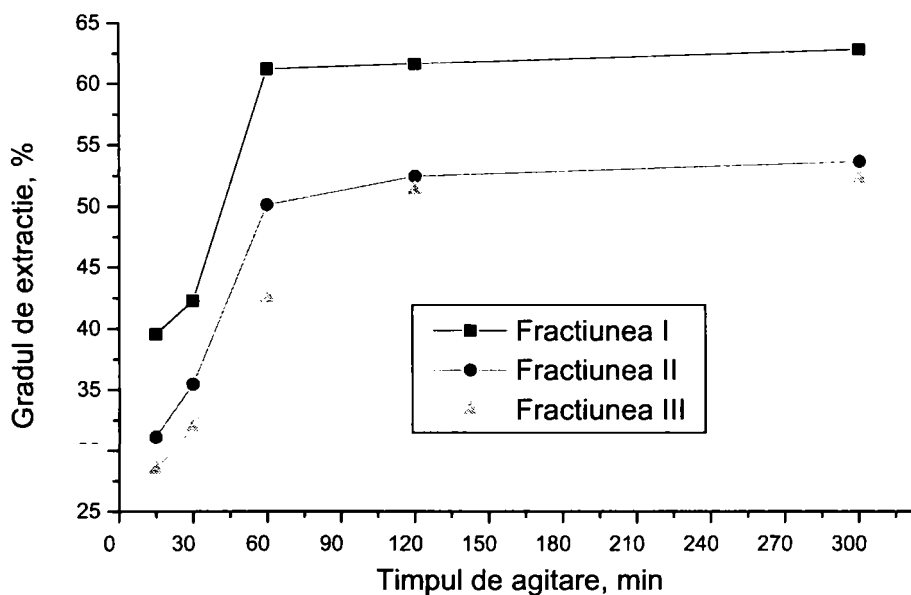
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	221,0	31,56
2.	30	235,0	35,29
3.	60	268,0	50,15
4.	120	285,0	52,47
5.	300	309,0	53,69

**Tabelul 64.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 5 :1 pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	109,0	28,47
2.	30	129,0	31,93
3.	60	207,0	42,57
4.	120	230,0	51,35
5.	300	245,0	52,29



**Figura 58** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 5 : 1



**Figura 59.** Dependența gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 5 : 1

Din datele experimentale se observă că la raportul  $L : S = 5 : 1$ , până la un timp de agitare de 60 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este ne semnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 60 min.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH acid ( $pH = 1,5$ ) în funcție de timpul de agitare la raport  $L:S = 6:1$  pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 65-67 și figurile 60 și 61

**Tabelul 65.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la  $pH = 1,5$  în funcție de timpul de agitare la raport  $L : S = 6 : 1$  pentru fracțiunea I de sol

Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	335,0	51,35
2.	30	379,7	59,25
3.	60	395,0	61,15
4.	120	427,5	61,85
5.	300	435,6	62,39

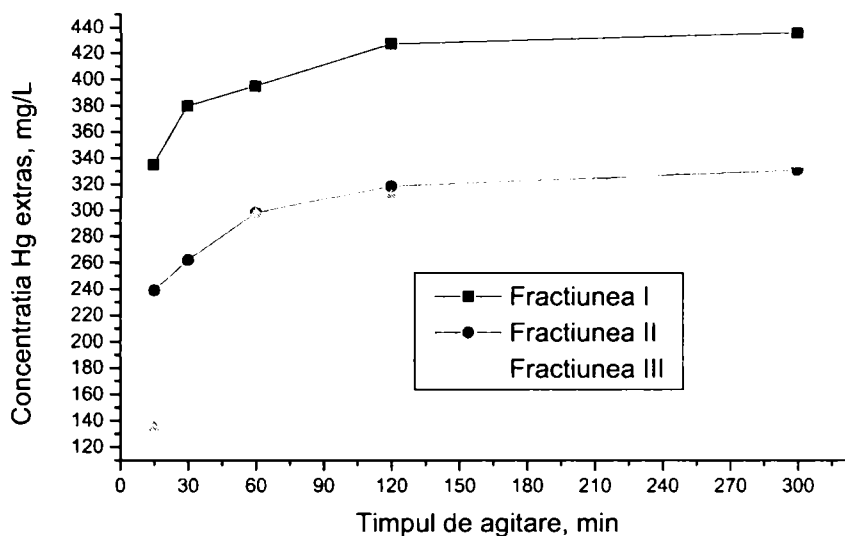
**Tabelul 66.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la  $pH = 1,5$  în funcție de timpul de agitare la raport  $L : S = 6 : 1$  pentru fracțiunea II de sol

Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	239,0	43,69
2.	30	262,0	47,91
3.	60	298,0	53,46
4.	120	319,0	54,39
5.	300	331,0	58,15

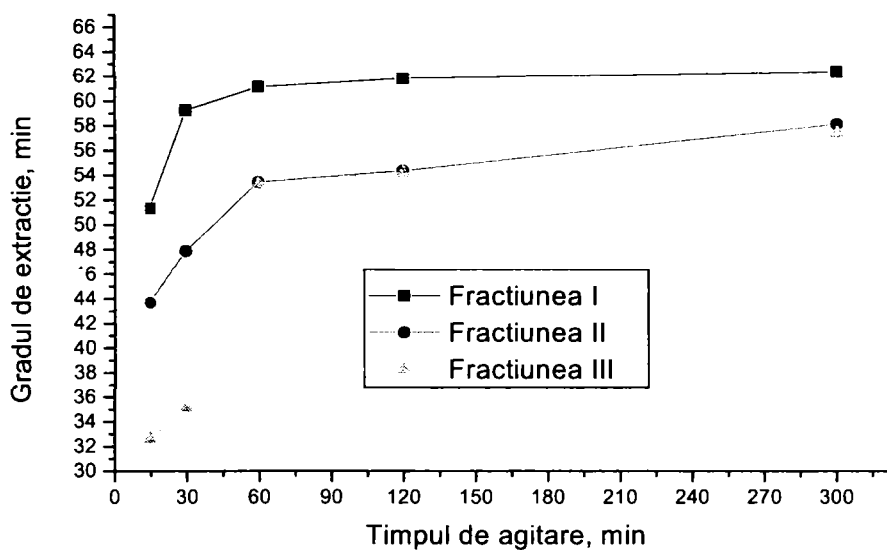
**Tabelul 67.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la  $pH = 1,5$  în funcție de timpul de agitare la raport  $L : S = 6 : 1$  pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	135,0	32,62
2.	30	151,0	35,15
3.	60	229,0	53,29
4.	120	311,0	54,19
5.	300	336,0	57,42





**Figura 60.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 6 : 1



**Figura 61.** Dependența gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 6 : 1

Din datele experimentale se observă că la raportul L : S = 6 : 1, până la un timp de agitare de 60 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 60 min. În cazul fracțiunii III de sol se observă o creștere bruscă a gradului de extracție la timpul de agitare de 60 min.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH acid (pH = 1,5) în funcție de timpul de agitare la raport L:S = 7:1 pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 68-70 și figurile 62 și 63.

**Tablelul 68** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 7 : 1 pentru fracțiunea I de sol

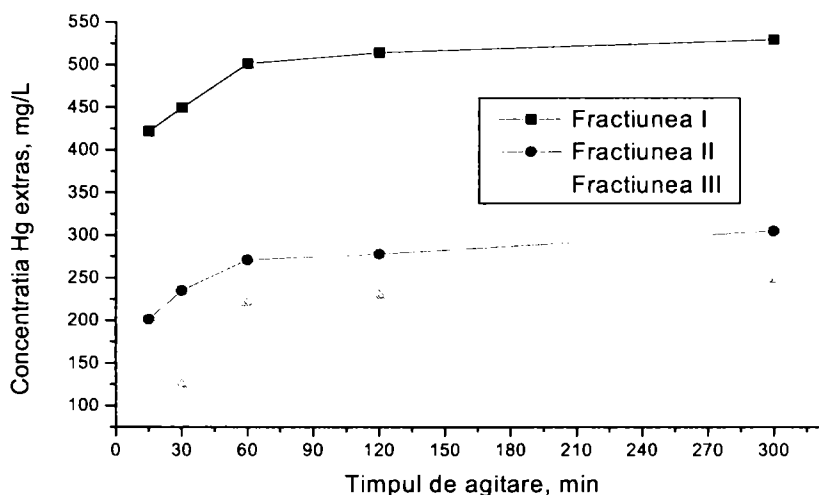
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	421,5	76,20
2.	30	449,2	85,15
3.	60	501,5	98,85
4.	120	515,0	98,27
5.	300	529,5	99,15

**Tablelul 69.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 7 : 1 pentru fracțiunea II de sol

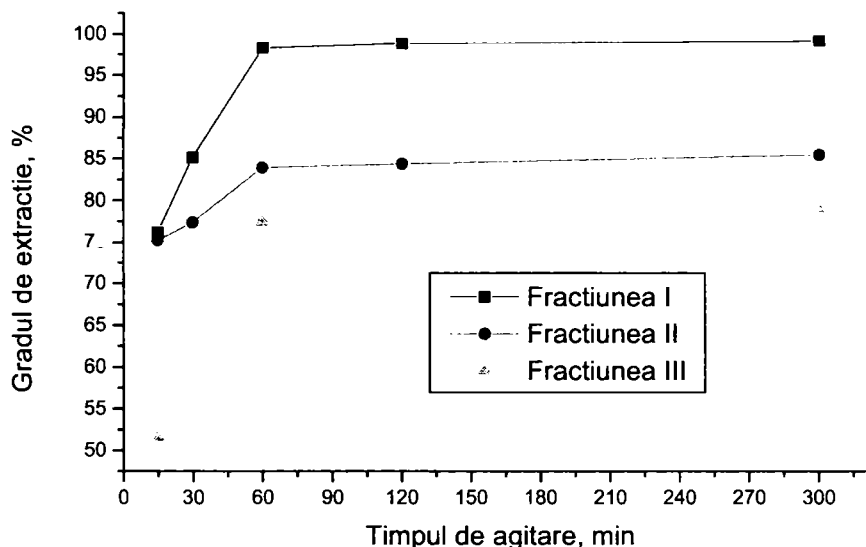
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	201,2	75,23
2.	30	235,0	77,39
3.	60	271,0	83,95
4.	120	278,0	84,39
5.	300	305,0	85,47

**Tablelul 70.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 7 : 1 pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	111,0	51,68
2.	30	125,0	69,15
3.	60	221,0	77,49
4.	120	230,0	78,69
5.	300	248,0	79,15



**Figura 62.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 7 : 1



**Figura 63.** Dependența gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 7 : 1

Din datele experimentale se observă că la raportul L : S = 7 : 1, până la un timp de agitare de 60 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție până la o valoare semnificativă (98,85%), după care creșterea este nesemnificativă. Deci, se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 60 min. Se remarcă un grad de extracție mare pentru toate cele trei fracțiuni de sol.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH acid (pH = 1,5) în

funcție de timpul de agitare la raport L:S = 8:1 pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 71-73 și figurile 64 și 65.

**Tablelul 71.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 8 : 1 pentru fracțiunea I de sol

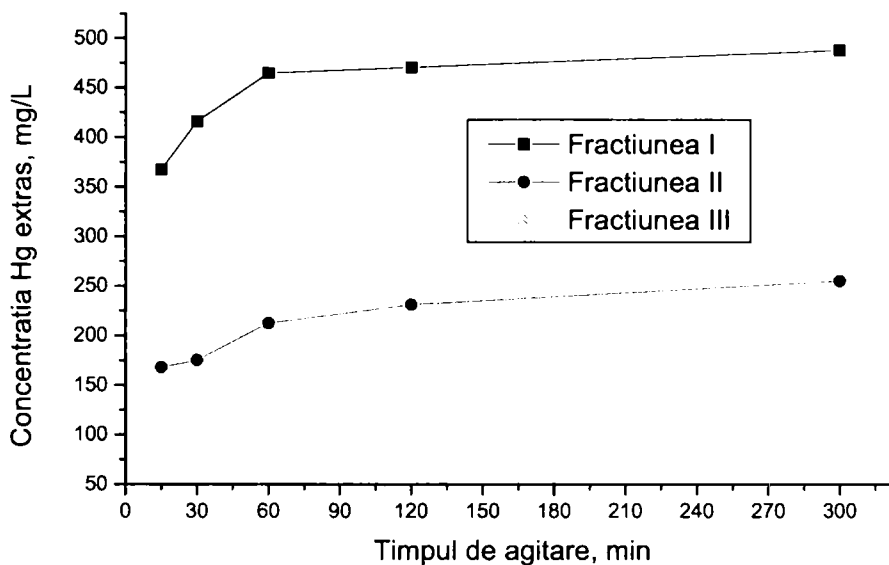
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	367,0	74,25
2.	30	415,8	84,15
3.	60	461,0	93,25
4.	120	471,0	94,15
5.	300	488,0	95,21

**Tablelul 72.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 8 : 1 pentru fracțiunea II de sol

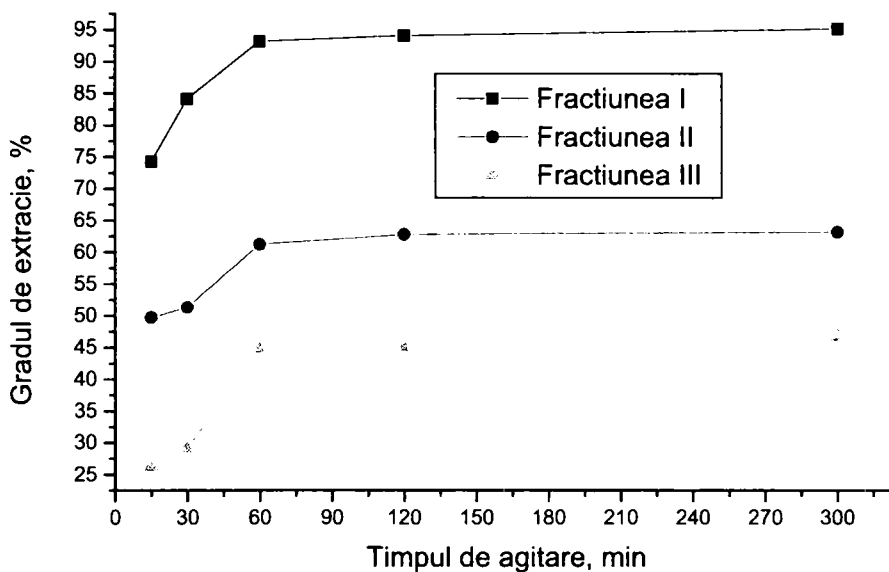
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	168,0	49,75
2.	30	175,2	51,35
3.	60	212,5	61,27
4.	120	231,2	62,85
5.	300	255,0	63,25

**Tablelul 73.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 8 : 1 pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	81,0	26,32
2.	30	98,0	29,15
3.	60	171,0	44,91
4.	120	195,0	45,15
5.	300	231,7	46,81



**Figura 64.** Dependenta concentrației mercurului extras cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 8 : 1



**Figura 65.** Dependenta gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 8 : 1

Din datele experimentale se observă că la raportul L : S = 8 : 1, până la un timp de agitare de 60 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție până la o valoare după care creșterea este nesemnificativă. Deci, se poate

concluziona că timpul optim de agitare este de 60 min. Se remarcă un grad de extracție mare pentru fracțiunea I de sol comparativ cu fracțiunile II și III.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH acid (pH = 1,5) în funcție de timpul de agitare la raport L:S = 8:1 pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 74-76 și figurile 66 și 67

**Tablelul 74.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 10 : 1 pentru fracțiunea I de sol

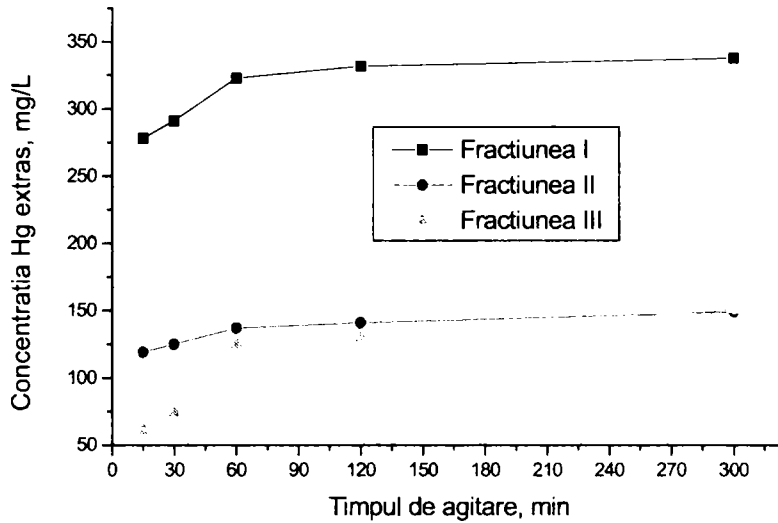
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	278,0	70,11
2.	30	291,0	72,41
3.	60	323,0	83,45
4.	120	332,0	84,67
5.	300	338,0	85,18

**Tablelul 75.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 10:1 pentru fracțiunea II de sol

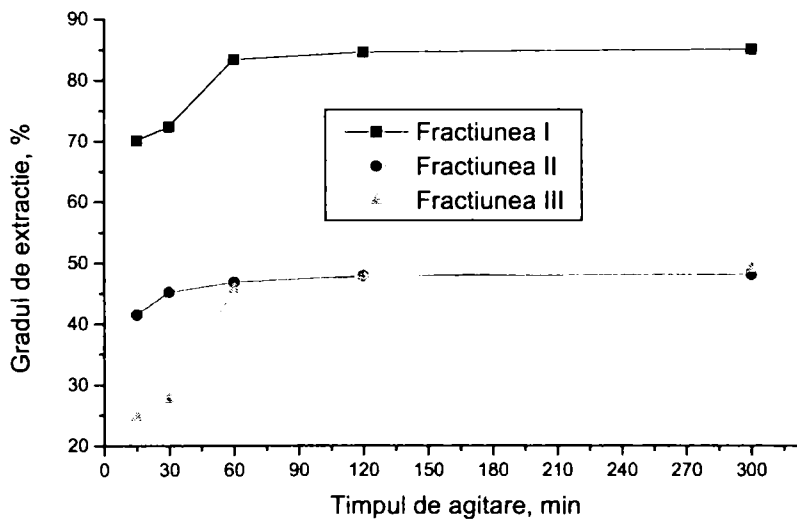
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	119,0	41,49
2.	30	125,0	45,21
3.	60	137,0	46,87
4.	120	141,0	47,91
5.	300	149,0	48,15

**Tablelul 76.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 10 : 1 pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	61,0	24,75
2.	30	74,0	27,65
3.	60	125,0	45,69
4.	120	130,0	47,81
5.	300	139,0	49,15



**Figura 66.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 10 : 1



**Figura 67.** Dependența gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 10 : 1

Din datele experimentale se observă că la raportul L : S = 10 : 1, până la un timp de agitare de 60 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție până la o valoare după care creșterea este nesemnificativă. Deci, se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 60 min. Se remarcă un grad de extracție mare pentru fracțiunea I de sol comparativ cu fracțiunile II și III, iar acestea din urmă au valori comparabile în cazul gradului de absorbție.

3.2.4.2 *Influența raportului lichid : solid (L : S)*

Studiile au urmărit dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului pentru cele trei fracțiuni de sol în funcție de raportul L : S, la diferiți timpi de amestecare

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH acid (pH = 1,5) în funcție de raportul L:S la un timp de agitare de 15 min pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 77-79 și figurile 68 și 69.

**Tabelul 77.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 15 min pentru fracțiunea I de sol

Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	256,6	31,56
2.	6 : 1	335,0	51,35
3.	7 : 1	421,5	76,20
4.	8 : 1	367,0	74,25
5.	10 : 1	278,0	70,11

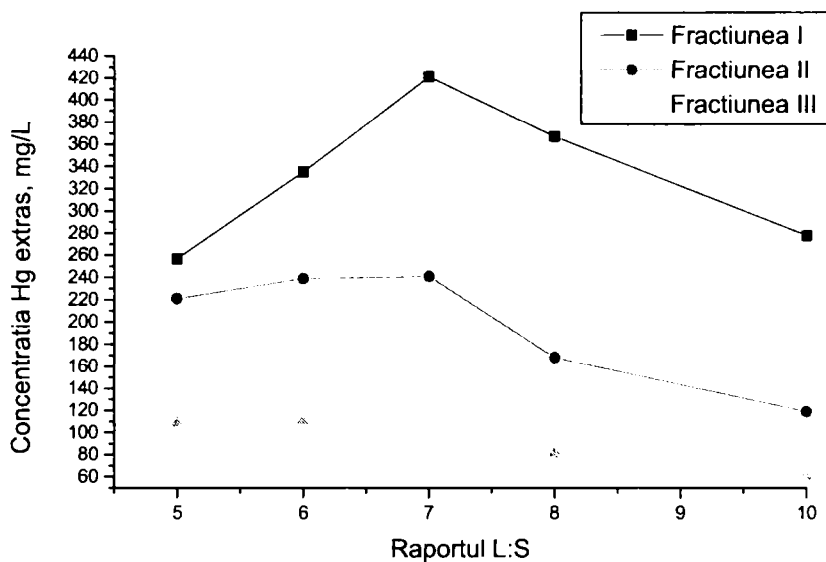
**Tabelul 78.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 15 min pentru fracțiunea II de sol

Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	221,0	39,15
2.	6 : 1	239,0	43,69
3.	7 : 1	241,2	52,43
4.	8 : 1	168,0	49,75
5.	10 : 1	119,0	41,49

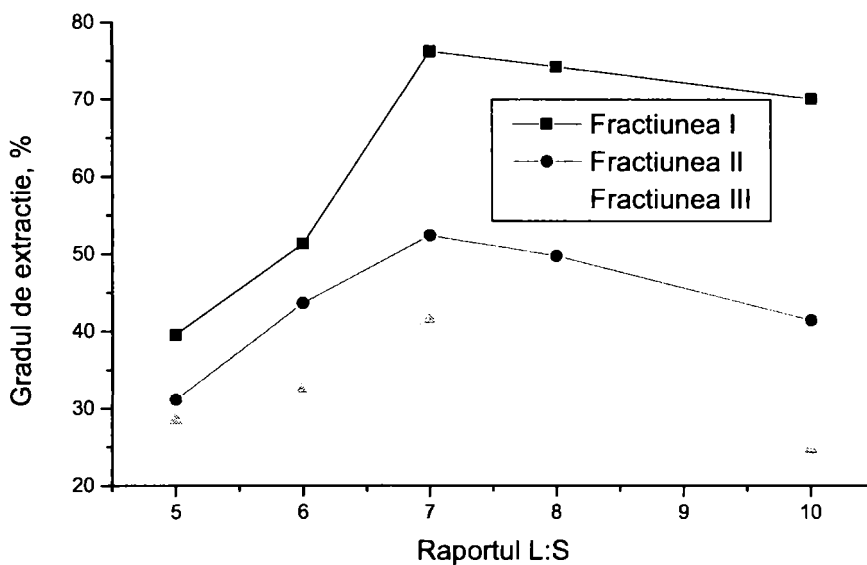
**Tabelul 79.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 15 min pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	109,0	28,47
2.	6 : 1	111,0	32,62
3.	7 : 1	135,0	51,62
4.	8 : 1	81,0	26,32
5.	10 : 1	61,0	24,75





**Figura 68.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 15 min



**Figura 69.** Dependența gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 15 min

Din datele experimentale se observă că la un timp de agitare de 15 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii

gradului de diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S optim în acest caz este 7:1.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH acid (pH = 1,5) în funcție de raportul L:S la un timp de agitare de 30 min pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 80-82 și figurile 70 și 71.

**Tabelul 80.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 30 min pentru fracțiunea I de sol

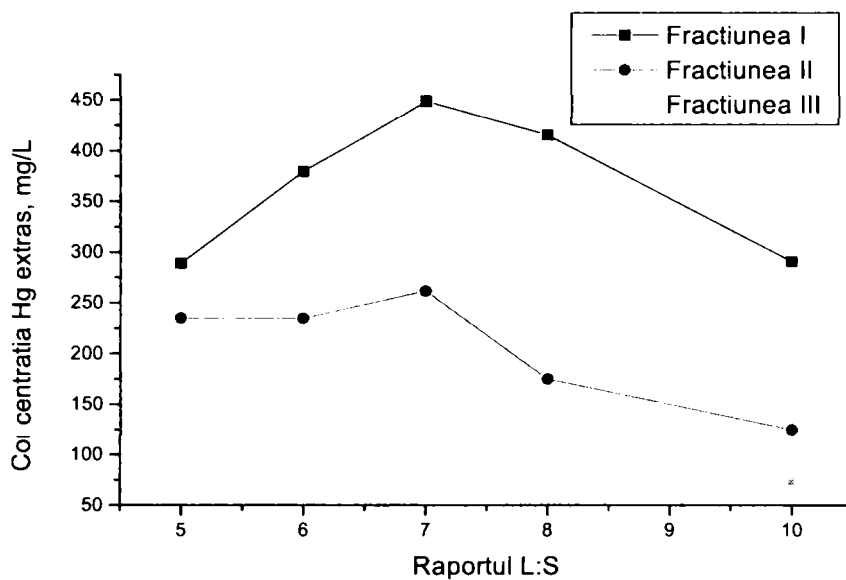
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	289,0	42,47
2.	6 : 1	379,7	59,25
3.	7 : 1	449,2	85,15
4.	8 : 1	415,8	84,15
5.	10 : 1	291,0	72,41

**Tabeluk 81.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 30 min pentru fracțiunea II de sol

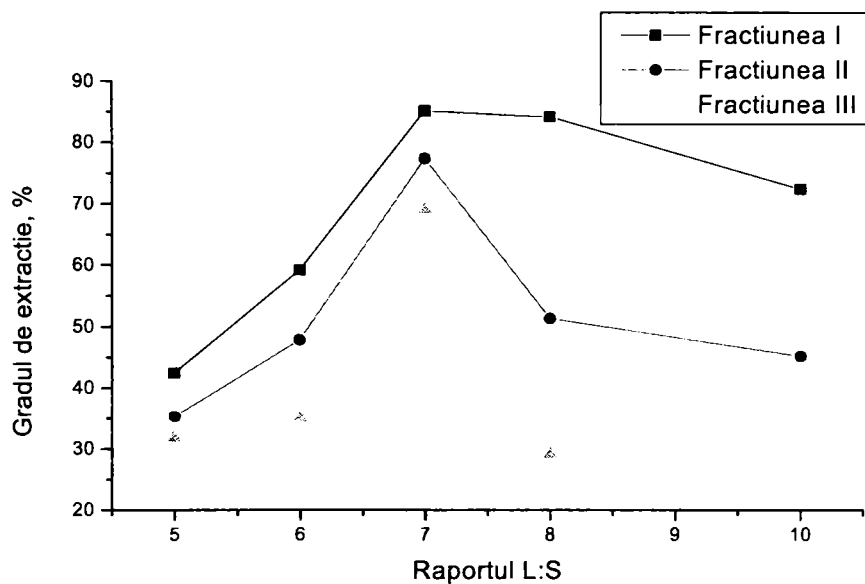
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	235,0	35,29
2.	6 : 1	245,0	47,91
3.	7 : 1	262,0	77,38
4.	8 : 1	175,2	51,35
5.	10 : 1	125,0	45,21

**Tabelul 82.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 30 min pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	129,0	31,93
2.	6 : 1	125,0	35,15
3.	7 : 1	151,0	69,15
4.	8 : 1	98,0	29,15
5.	10 : 1	74,0	27,65



**Figura 70.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 30 min



**Figura 71.** Dependența gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 30 min

Din datele experimentale se observă că la un timp de agitare de 30 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de

extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S optim în acest caz este 7:1.

În cazul fracțiunilor II și III se observă o scădere bruscă a gradului de extracție după raportul L:S = 7:1

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH acid (pH = 1,5) în funcție de raportul L:S la un timp de agitare de 60 min pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 83-85 și figurile 72 și 73.

**Tabelul 83.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 60 min pentru fracțiunea I de sol

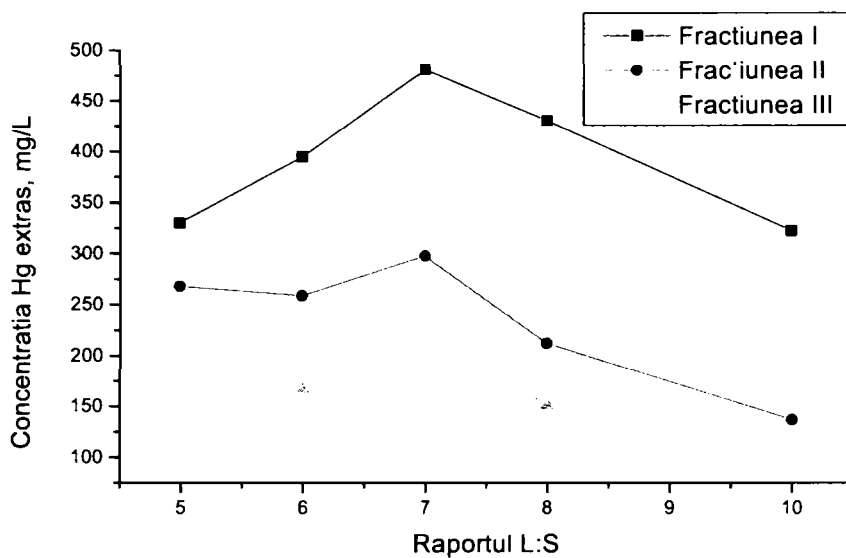
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	330,0	54,66
2.	6 : 1	395,0	68,59
3.	7 : 1	481,5	98,85
4.	8 : 1	431,0	94,15
5.	10 : 1	323,0	84,67

**Tabelul 84.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 60 min pentru fracțiunea II de sol

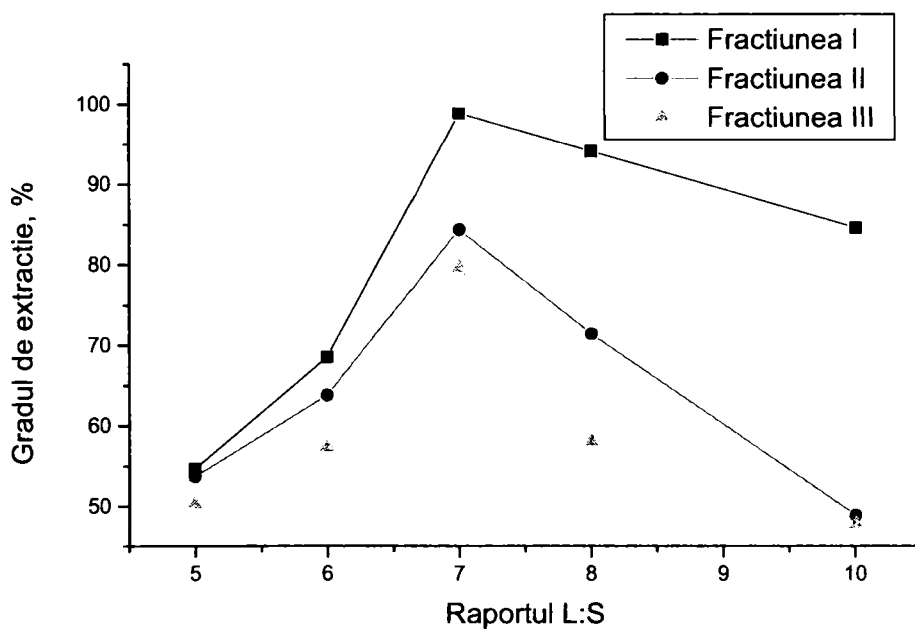
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	268,0	53,69
2.	6 : 1	259,0	63,85
3.	7 : 1	298,0	84,39
4.	8 : 1	212,5	71,45
5.	10 : 1	137,0	48,91

**Tabelul 85.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 60 min pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	167,0	50,29
2.	6 : 1	167,0	57,39
3.	7 : 1	229,0	79,69
4.	8 : 1	151,0	58,15
5.	10 : 1	99,0	47,81



**Figura 72.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 60 min



**Figura 73.** Dependența gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 60 min

Din datele experimentale se observă că la un timp de agitare de 60 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Gradul de extracție este mare (98,85%) în cazul fracțiunii I de sol. Și în cazul fracțiunilor II și III gradul de extracție are valori semnificative, dar scade foarte mult după acest raport L:S.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH acid (pH = 1,5) în funcție de raportul L:S la un timp de agitare de 120 min pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 86-88 și figurile 74 și 75.

**Tabelul 86.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 120 min pentru fracțiunea I de sol

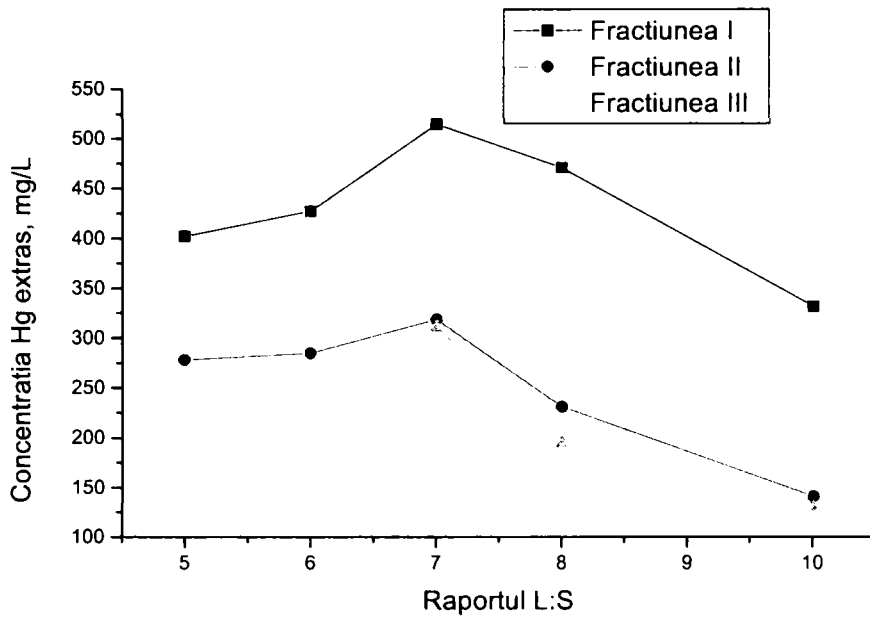
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	402,0	50,15
2.	6 : 1	427,5	61,15
3.	7 : 1	515,0	90,27
4.	8 : 1	471,0	86,25
5.	10 : 1	332,0	82,45

**Tabelul 87.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 120 min pentru fracțiunea II de sol

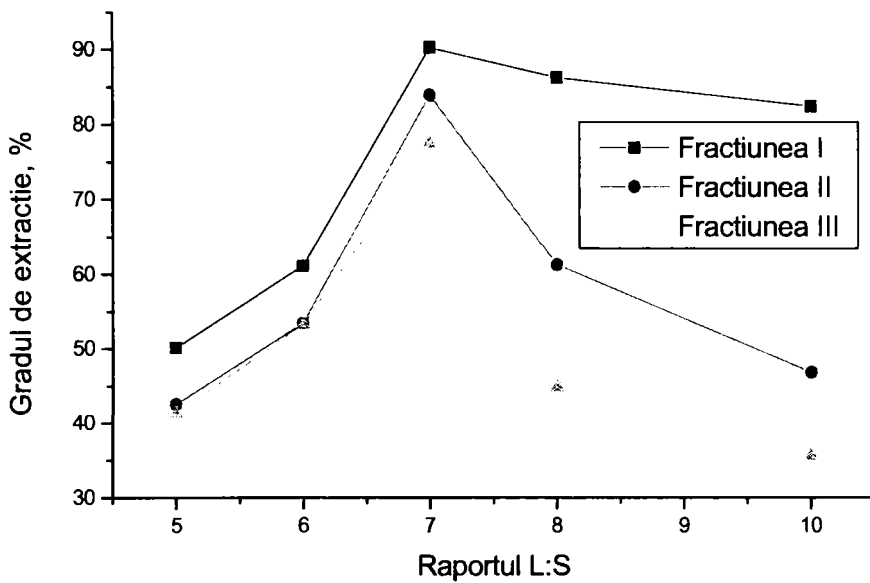
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	278,0	42,57
2.	6 : 1	285,0	53,46
3.	7 : 1	319,0	83,95
4.	8 : 1	231,2	61,27
5.	10 : 1	141,0	46,87

**Tabelul 88.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 120 min pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	230,0	41,35
2.	6 : 1	253,0	53,29
3.	7 : 1	311,0	77,49
4.	8 : 1	195,0	44,91
5.	10 : 1	130,0	35,69



**Figura 74.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 120 min



**Figura 75.** Dependența gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 120 min

Din datele experimentale se observă că la un timp de agitare de 120 min până la un raport  $L : S = 7 : 1$  crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Gradul de extracție este mare în cazul fracțiunii I de sol și nu variază foarte mult nici la celelalte rapoarte  $L:S$  care urmează. Și în cazul fracțiunilor II și III gradul de extracție are valori semnificative, dar scade foarte mult după acest raport  $L:S$ .

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH acid ( $pH = 1,5$ ) în funcție de raportul  $L:S$  la un timp de agitare de 300 min pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 89-91 și figurile 76 și 77.

**Tabelul 89.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la  $pH = 1,5$  în funcție de raportul  $L : S$  la un timp de agitare de 300 min pentru fracțiunea I de sol

Nr, crt.	Raportul $L : S$	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	415,0	61,23
2.	6 : 1	435,6	65,39
3.	7 : 1	509,5	91,15
4.	8 : 1	488,0	90,21
5.	10 : 1	338,0	85,18

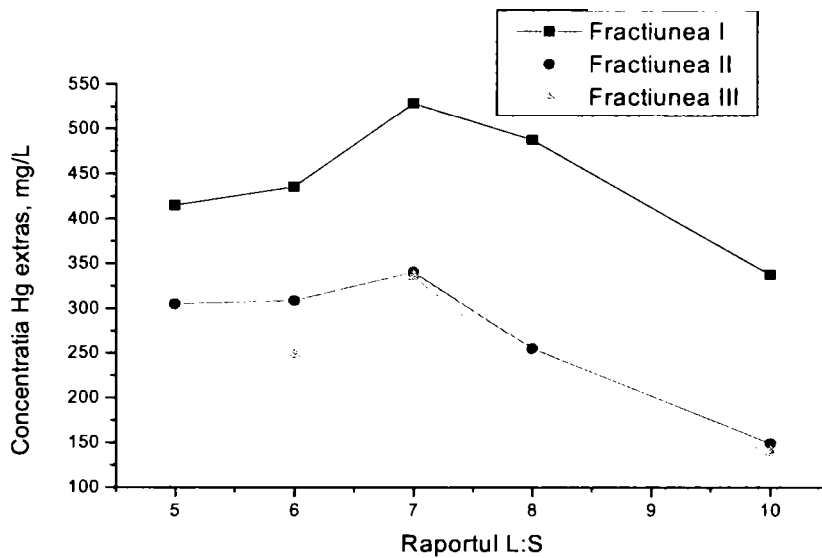
**Tabelul 90.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la  $pH = 1,5$  în funcție de raportul  $L : S$  la un timp de agitare de 300 min pentru fracțiunea II de sol

Nr, crt.	Raportul $L : S$	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	305,0	55,87
2.	6 : 1	309,0	61,15
3.	7 : 1	331,0	86,47
4.	8 : 1	255,0	73,25
5.	10 : 1	149,0	52,15

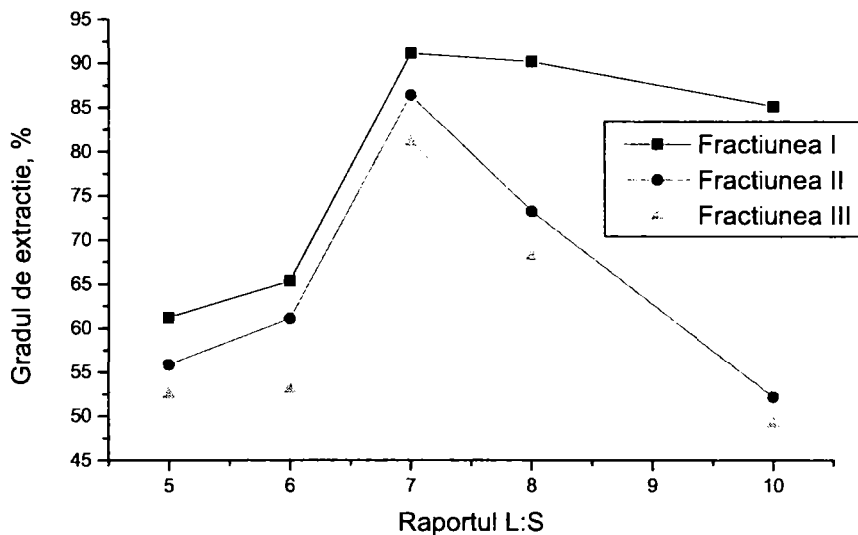
**Tabel 91.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la  $pH = 1,5$  în funcție de raportul  $L : S$  la un timp de agitare de 300 min pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Raportul $L : S$	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	245,0	52,47
2.	6 : 1	248,0	53,12
3.	7 : 1	336,0	81,15
4.	8 : 1	231,7	68,21
5.	10 : 1	139,0	49,15





**Figura 76.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 300 min



**Figura 77.** Dependența gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 1,5 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 300 min

Din datele experimentale se observă că la un timp de agitare de 300 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Gradul de extracție nu variază foarte mult la cele trei fracțiuni până la raportul L:S = 7:1, după care diferențele apar, în sensul că avem un grad de extracție mai mare la fracțiunea I față de celelalte două fracțiuni de sol.

### 3.2.5. Studii privind eliminarea mercurului din sol utilizând soluție de KI 0,1M la pH neutru

Studiile au urmărit dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului pentru cele trei fracțiuni de sol în funcție de timpul de agitare la diferite rapoarte L : S

#### 3.2.5.1. Influența timpului de agitare

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH neutru (pH = 6,9) în funcție de timpul de agitare la raport L:S = 5:1 pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 92-94 și figurile 78 și 79.

**Tabelul 92.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 5 : 1 pentru fracțiunea I de sol

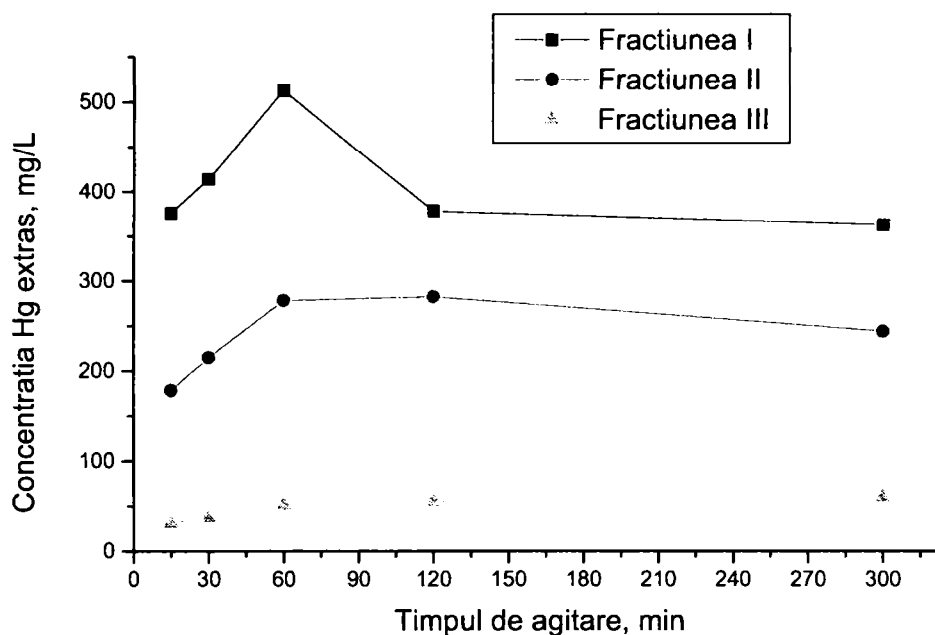
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	375,7	51,00
2.	30	414,2	53,28
3.	60	512,5	63,20
4.	120	378,5	66,55
5.	300	362,8	67,26

**Tabelul 93.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 5 : 1 pentru fracțiunea II de sol

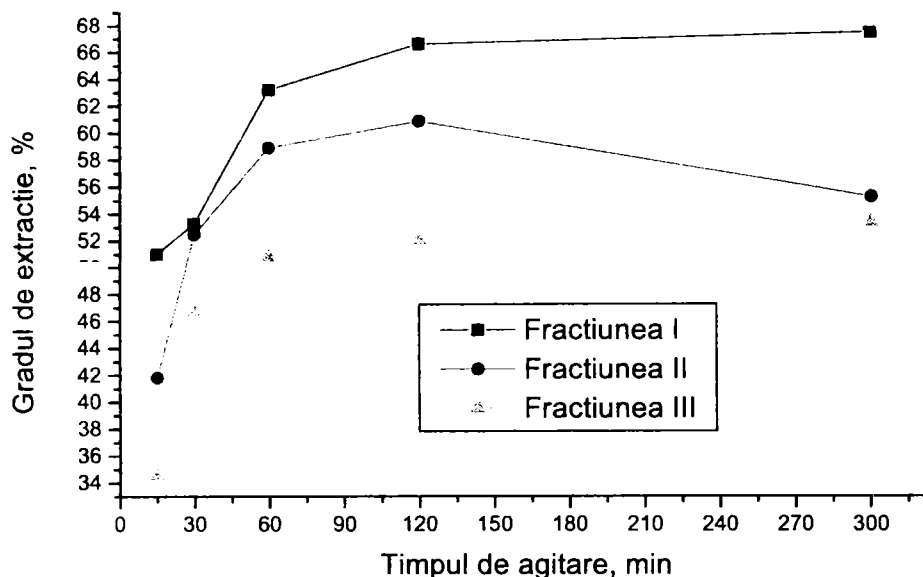
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	178,5	41,82
2.	30	215,0	52,47
3.	60	278,6	58,93
4.	120	282,8	60,83
5.	300	244,2	55,13

**Tabelul 94.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 5 :1 pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	31,4	34,55
2.	30	37,3	46,74
3.	60	51,2	50,81
4.	120	54,8	52,03
5.	300	60,1	53,25



**Figura 78.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 5 :1



**Figura 79.** Dependența gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 5 : 1

Din datele experimentale se observă că la raportul L : S = 5 : 1, până la un timp de agitare de 60 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 60 min.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH neutru (pH = 6,9) în funcție de timpul de agitare la raport L:S = 6:1 pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 95-97 și figurile 80 și 81

**Tabelul 95.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 6 : 1 pentru fracțiunea I de sol

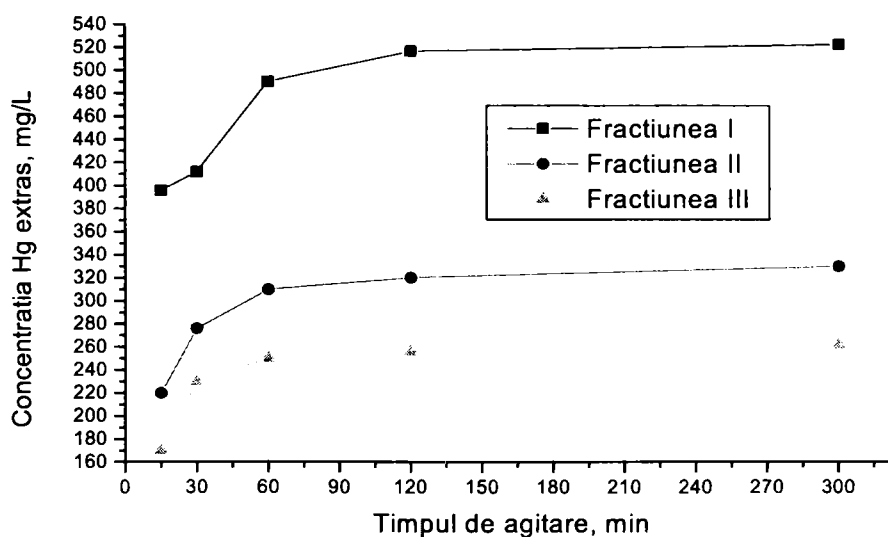
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	396,0	68,00
2.	30	412,0	74,74
3.	60	490,5	92,46
4.	120	516,5	75,28
5.	300	522,5	65,46

**Tabelul 96.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 6 :1 pentru fracțiunea II de sol

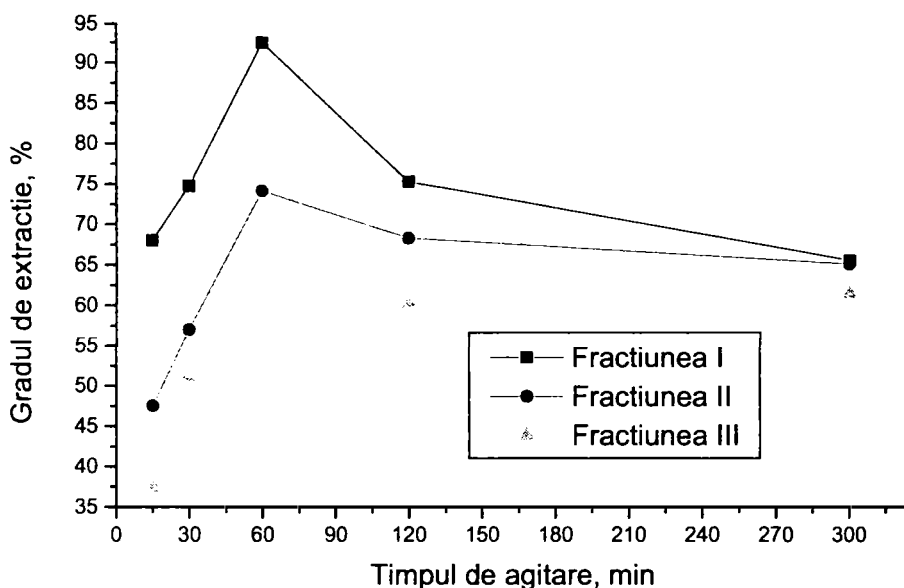
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	220,0	47,52
2.	30	276,0	57,03
3.	60	310,0	74,14
4.	120	320,0	68,29
5.	300	290,0	65,01

**Tabelul 97.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 6 :1 pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras [mg/L]	$\eta$ de extracție [%]
1.	15	170,0	37,39
2.	30	230,0	51,21
3.	60	250,0	54,87
4.	120	256,0	60,16
5.	300	262,0	61,38



**Figura 80.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 6 :1



**Figura 81.** Dependența gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 6 : 1

Din datele experimentale se observă că la raportul L : S = 6 : 1, până la un timp de agitare de 60 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care gradul de extracție scade și apoi se menține relativ constant. În cazul fracțiunii III nu are loc o scădere a gradului de extracție după timpul de agitare de 60 min, dar creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 60 min.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH neutru (pH = 6,9) în funcție de timpul de agitare la raport L:S = 7:1 pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 98-100 și figurile 82 și 83.

**Tabelul 98.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 7 : 1 pentru fracțiunea I de sol

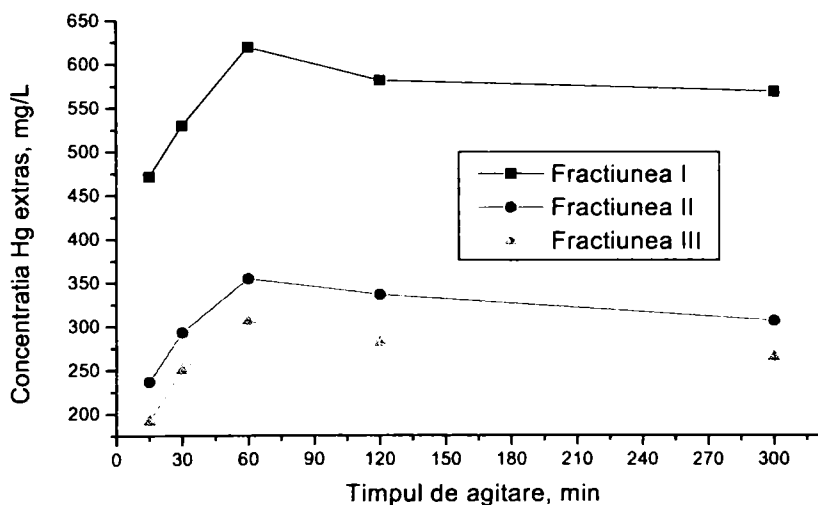
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	471,6	72,93
2.	30	530,2	81,95
3.	60	620,0	95,87
4.	120	582,0	89,94
5.	300	569,0	87,88

**Tabelul 99.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 7 :1 pentru fracțiunea II de sol

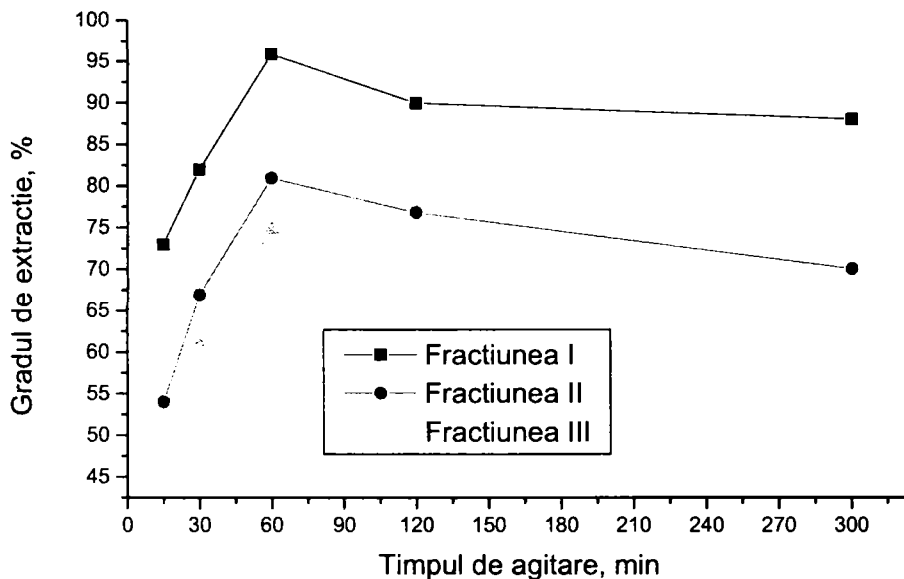
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	236,6	53,99
2.	30	293,3	66,92
3.	60	355,0	80,98
4.	120	336,6	76,80
5.	300	306,6	69,96

**Tabelul 100.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 7 :1 pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	191,6	46,74
2.	30	250,0	60,97
3.	60	306,6	74,79
4.	120	281,6	68,69
5.	300	265,0	64,63



**Figura 82.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 7 :1



**Figura 83.** Dependența gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 7 : 1

Din datele experimentale se observă că la raportul L : S = 7 : 1, până la un timp de agitare de 60 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care gradul de extracție scade și apoi se menține relativ constant. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 60 min. Se observă că în cazul acestui raport L:S se obține un grad de extracție foarte bun (95,87%) pentru fracțiunea I de sol.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH neutru (pH = 6,9) în funcție de timpul de agitare la raport L:S = 8:1 pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 101-103 și figurile 84 și 85.

**Tabelul 101.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 8 : 1 pentru fracțiunea I de sol

Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	237,5	49,00
2.	30	293,7	60,56
3.	60	392,8	80,92
4.	120	307,5	70,72
5.	300	297,5	61,34

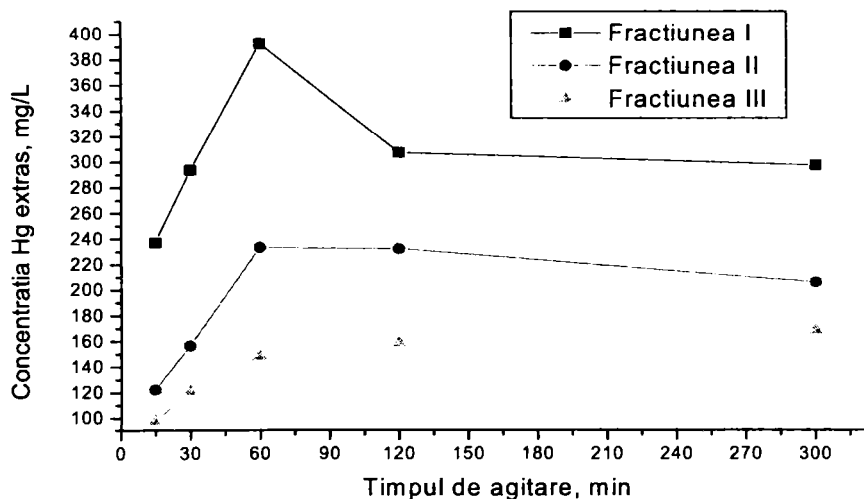


**Tabelul 102.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 8 : 1 pentru fracțiunea II de sol

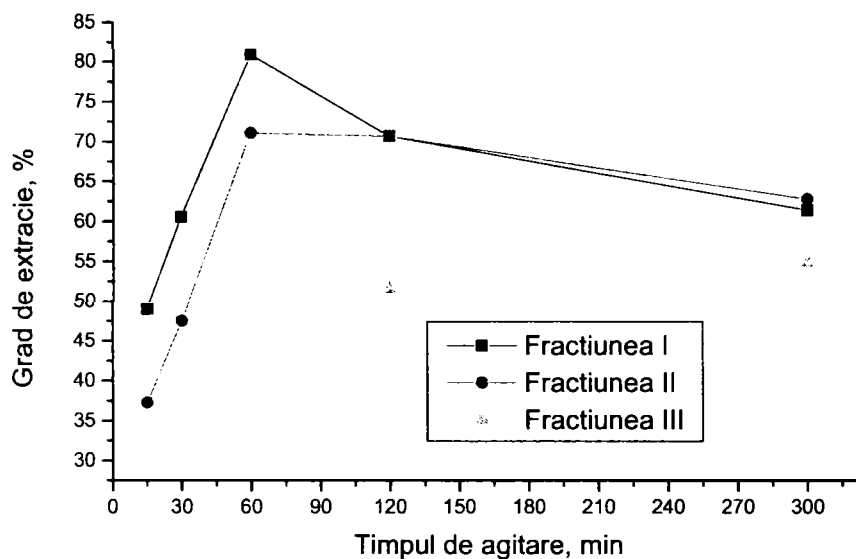
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	122,5	37,26
2.	30	156,5	47,52
3.	60	233,7	71,10
4.	120	232,5	63,40
5.	300	206,2	62,73

**Tabelul 103.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 8 : 1 pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	97,5	31,70
2.	30	121,2	39,43
3.	60	148,7	48,37
4.	120	158,7	51,62
5.	300	168,7	54,87



**Figura 84.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 8 : 1



**Figura 85.** Dependența gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 8 : 1

Din datele experimentale se observă că la raportul L : S = 8 : 1, până la un timp de agitare de 60 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care gradul de extracție scade și apoi se menține relativ constant. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 60 min. Se observă valori destul de apropiate ale gradului de extracție pentru fracțiunile I și II, dar mult mai mici pentru fracțiunea III.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH neutru (pH = 6,9) în funcție de timpul de agitare la raport L:S = 8:1 pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 104-106 și figurile 86 și 87.

**Tabelul 104.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 10 :1 pentru fracțiunea I de sol

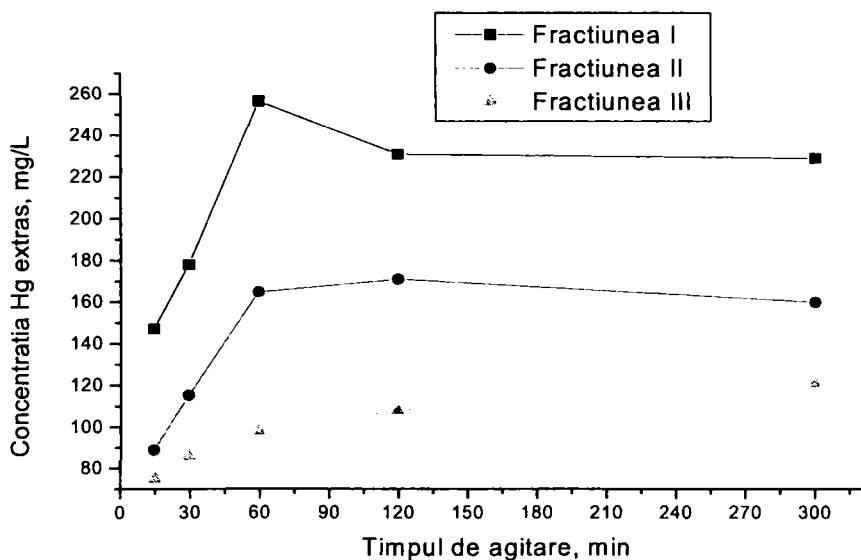
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	147,0	38,00
2.	30	178,0	45,87
3.	60	256,6	65,97
4.	120	231,0	65,01
5.	300	229,0	60,83

**Tabelul 105.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 10 : 1 pentru fracțiunea II de sol

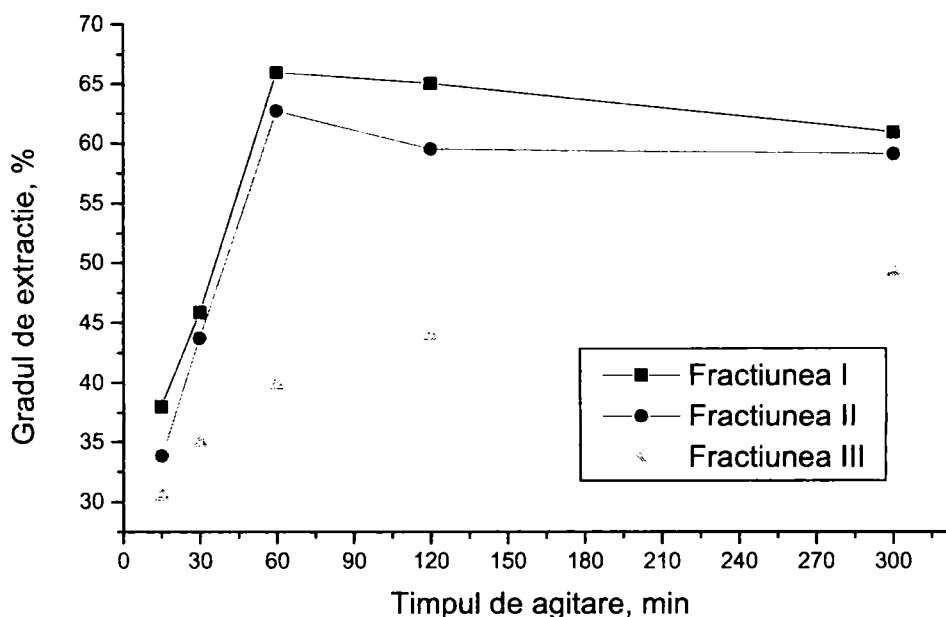
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	89,0	33,84
2.	30	115,3	43,72
3.	60	165,0	62,73
4.	120	171,0	59,53
5.	300	160,0	59,02

**Tabelul 106.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 10 : 1 pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	75,0	30,48
2.	30	86,0	34,95
3.	60	98,0	39,83
4.	120	108,0	43,90
5.	300	121,0	49,18



**Figura 86.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 10 : 1



**Figura 87.** Dependența gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 10 : 1

Din datele experimentale se observă că la raportul L : S = 10 : 1, până la un timp de agitare de 60 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care gradul de extracție scade ușor și apoi se menține relativ constant. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 60 min. Se observă valori foarte apropiate ale gradului de extracție pentru fracțiunile I și II, dar mult mai mici pentru fracțiunea III.

### 3.2.5.2. Influența raportului lichid : solid (L : S)

Studiile au urmărit dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului pentru cele trei fracțiuni de sol în funcție de raportul L : S, la diferiți timpi de amestecare

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH neutru (pH = 6,9) în funcție de raportul L:S la un timp de agitare de 15 min pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 107-109 și figurile 88 și 89

**Tabelul 107.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 15 min pentru fracțiunea I de sol

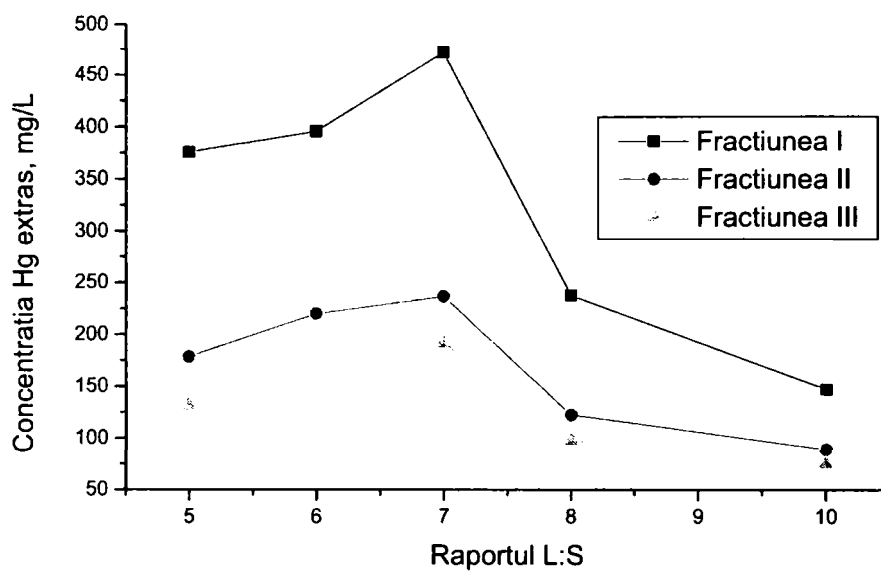
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	375,7	51,00
2.	6 : 1	396,0	68,00
3.	7 : 1	471,6	72,93
4.	8 : 1	237,5	49,00
5.	10 : 1	147,0	38,00

**Tabelul 108.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 15 min pentru fracțiunea II de sol

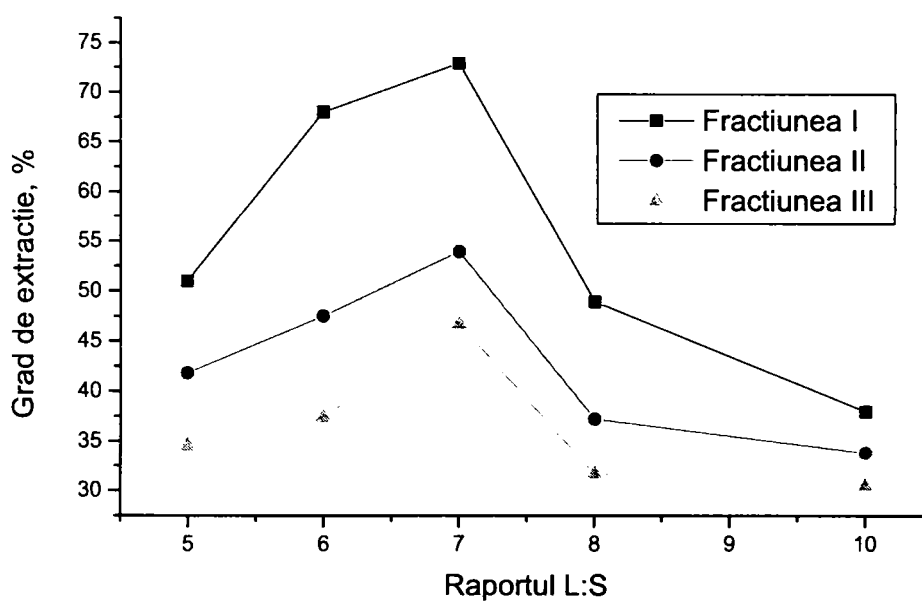
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	178,5	41,82
2.	6 : 1	220,0	47,52
3.	7 : 1	236,6	53,99
4.	8 : 1	122,5	37,26
5.	10 : 1	89,0	33,84

**Tabelul 109.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 15 min pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	131,4	34,55
2.	6 : 1	170,0	37,39
3.	7 : 1	191,6	46,74
4.	8 : 1	97,5	31,70
5.	10 : 1	75,0	30,48



**Figura 88.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 15 min



**Figura 89.** Dependența gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 15 min

Din datele experimentale se observă că la un timp de agitare de 15 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S optim în acest caz este 7:1.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH neutru (pH = 6,9) în funcție de raportul L:S la un timp de agitare de 30 min pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 110-112 și figurile 90 și 91.

**Tabelul 110.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 30min pentru fracțiunea I de sol

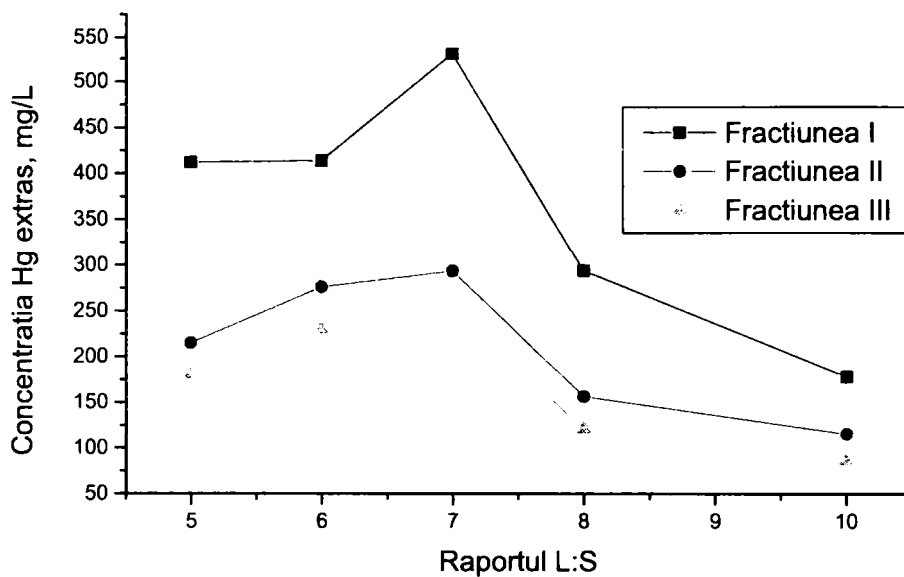
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	412,0	53,28
2.	6 : 1	414,2	74,74
3.	7 : 1	530,2	81,95
4.	8 : 1	293,7	60,56
5.	10 : 1	178,0	45,87

**Tabelul 111.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 30 min pentru fracțiunea II de sol

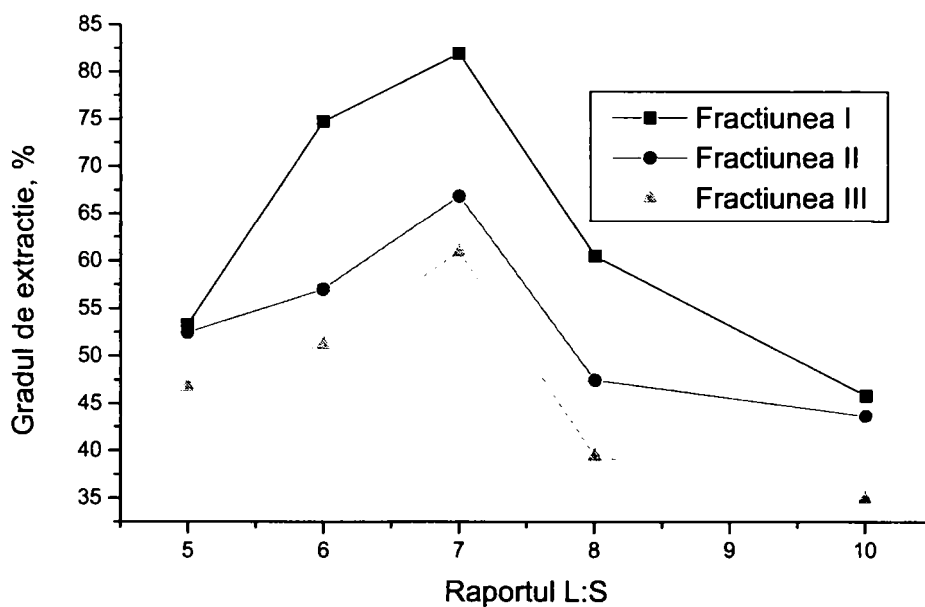
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	215,0	52,47
2.	6 : 1	276,0	57,03
3.	7 : 1	293,3	66,92
4.	8 : 1	156,5	47,52
5.	10 : 1	115,3	43,72

**Tabelul 112.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 30 min pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	180,0	46,74
2.	6 : 1	230,0	51,21
3.	7 : 1	250,0	60,97
4.	8 : 1	121,2	39,43
5.	10 : 1	86,0	34,95



**Figura 90.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 30 min



**Figura 91.** Dependența gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 30 min



Din datele experimentale se observă că la un timp de agitare de 30 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S optim în acest caz este 7:1. Creșterea timpului de agitare de la 15 min la 30 min nu a dus la o creștere semnificativă a gradului de extracție, de aceea se va mări intervalul de creștere al timpului de agitare de la 15 min la 30 min

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH neutru (pH = 6,9) în funcție de raportul L:S la un timp de agitare de 60 min pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 113-115 și figurile 92 și 93.

**Tabelul 113.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 60 min pentru fracțiunea I de sol

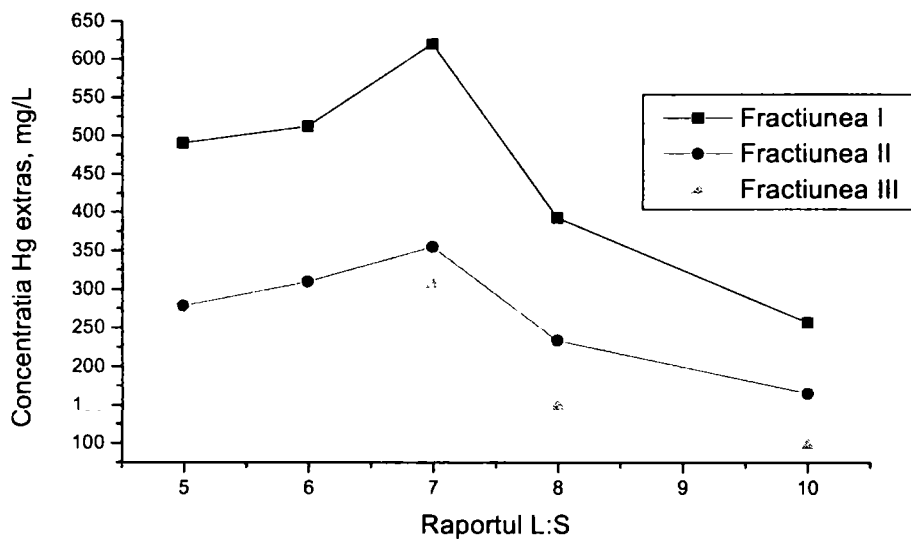
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	490,5	63,20
2.	6 : 1	512,5	92,46
3.	7 : 1	620,0	95,87
4.	8 : 1	392,8	80,92
5.	10 : 1	256,6	65,97

**Tabelul 114.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 60 min pentru fracțiunea II de sol

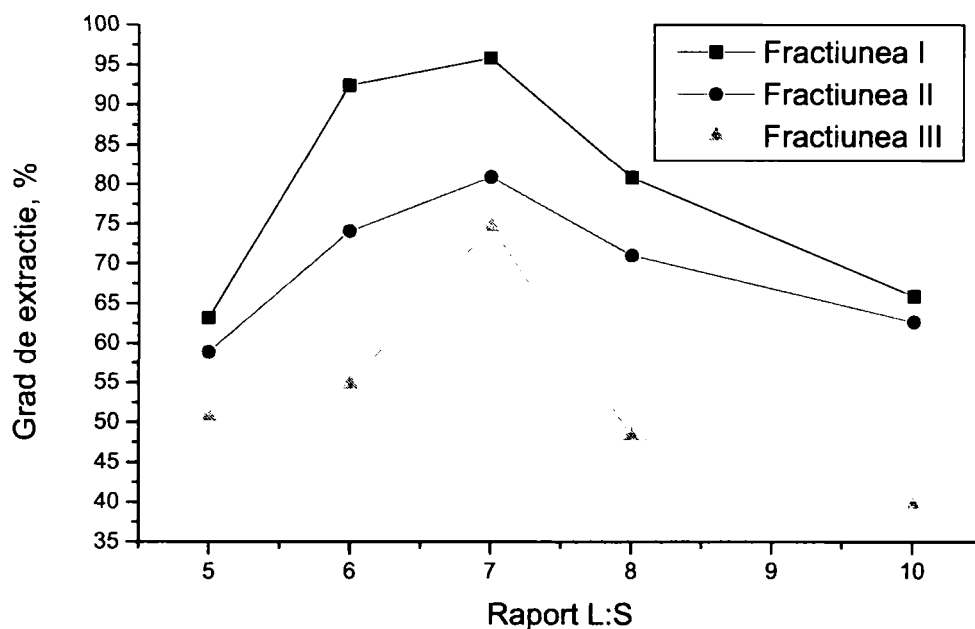
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	278,6	58,93
2.	6 : 1	310,0	74,14
3.	7 : 1	355,0	80,98
4.	8 : 1	233,7	71,10
5.	10 : 1	165,0	62,73

**Tabelul 115.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 60 min pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	192,8	50,81
2.	6 : 1	250,0	54,87
3.	7 : 1	306,6	74,79
4.	8 : 1	148,7	48,37
5.	10 : 1	98,0	39,83



**Figura 92.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 60 min



**Figura 93.** Dependența gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 60 min

Din datele experimentale se observă că la un timp de agitare de 60 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S optim și în acest caz este 7:1. Creșterea timpului de agitare de la 30 min la 60 min a dus la o creștere semnificativă a gradului de extracție. (până la 95,87%). S-au continuat determinările cu o creștere a timpului de agitare cu 60min pentru a vedea dacă mai are loc o mărire semnificativă a gradului de extracție.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH neutru (pH = 6,9) în funcție de raportul L:S la un timp de agitare de 120 min pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 116-118 și figurile 94 și 95.

**Tabelul 116.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 120 min pentru fracțiunea I de sol

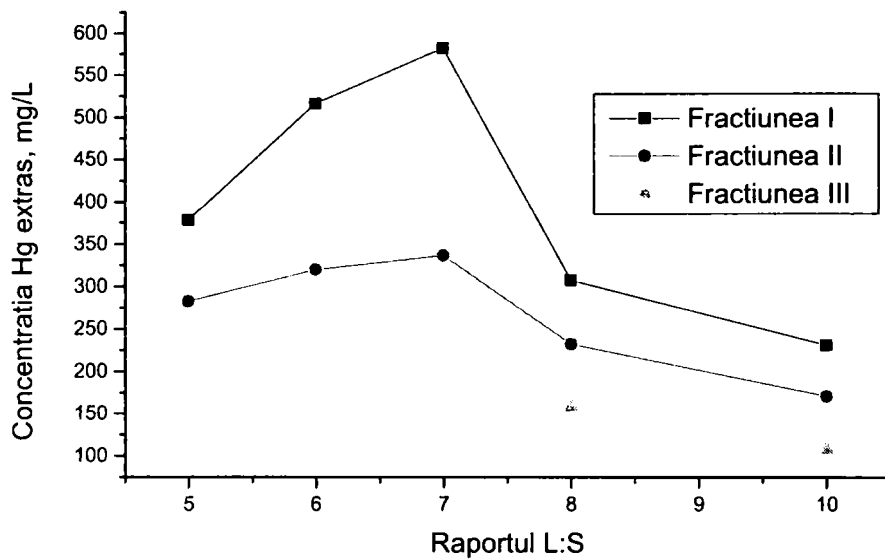
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	378,5	66,55
2.	6 : 1	516,5	75,28
3.	7 : 1	582,0	89,94
4.	8 : 1	307,5	70,72
5.	10 : 1	231,0	65,01

**Tabelul 117.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 120 min pentru fracțiunea II de sol

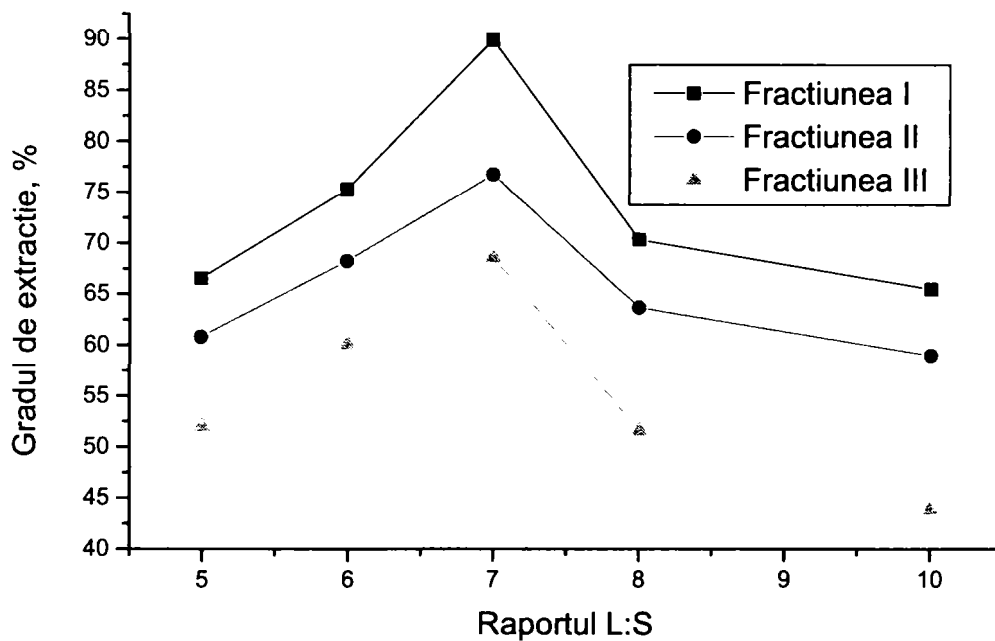
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	282,8	60,83
2.	6 : 1	320,0	68,29
3.	7 : 1	336,6	76,80
4.	8 : 1	232,5	63,40
5.	10 : 1	171,0	59,53

**Tabelul 118.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 120 min pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	211,4	52,03
2.	6 : 1	256,0	60,16
3.	7 : 1	281,6	68,69
4.	8 : 1	158,7	51,62
5.	10 : 1	108,0	43,90



**Figura 94.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de KI 0,1 M la pH = 6,9 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 120 min



**Figura 95.** Dependența gradului de extracție al mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 120 min

Din datele experimentale se observă că la un timp de agitare de 120 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S optim și în acest caz este 7:1. Creșterea timpului de agitare la 120 min nu a dus la o creștere a gradului de extracție față de timpul de agitare precedent, de 60 min, (89,94% la 120min față de 95,87% la 60min).

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH neutru (pH = 6,9) în funcție de raportul L:S la un timp de agitare de 300 min pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 119-121 și figurile 96 și 97.

**Tabelul 119.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 300 min pentru fracțiunea I de sol

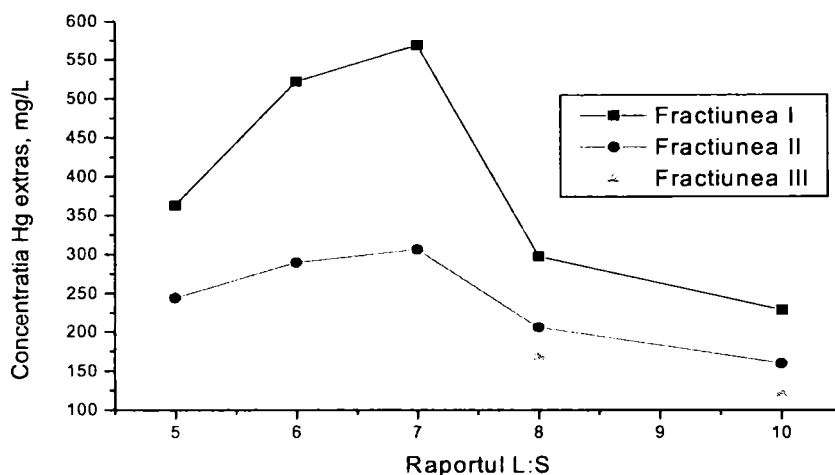
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	362,8	65,46
2.	6 : 1	522,5	67,26
3.	7 : 1	569,0	87,88
4.	8 : 1	297,5	62,73
5.	10 : 1	229,0	60,83

**Tabelul 120.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 300 min pentru fracțiunea II de sol

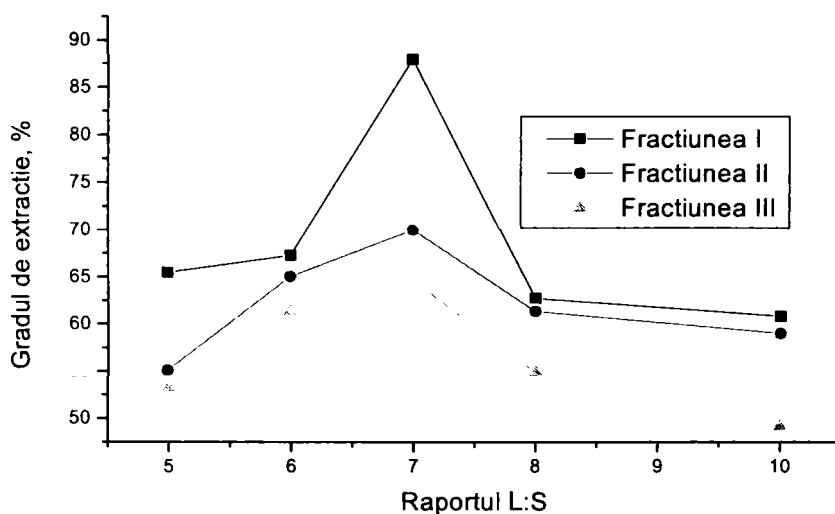
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	244,2	55,13
2.	6 : 1	290,0	65,01
3.	7 : 1	306,6	69,96
4.	8 : 1	206,2	61,34
5.	10 : 1	160,0	59,02

**Tabelul 121.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 6,9 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 300 min pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	215,7	53,25
2.	6 : 1	262,0	61,38
3.	7 : 1	265,0	64,63
4.	8 : 1	168,7	54,87
5.	10 : 1	121,0	49,18



**Figura 96.** Dependenta concentratiei mercurului extras cu solutie de KI 0,1M la pH = 6,9 în functie de raportul L : S la un timp de agitare de 300 min



**Figura 97.** Dependenta gradului de extractie al mercurului cu solutie de KI 0,1M la pH = 6,9 în functie de raportul L : S la un timp de agitare de 300 min

Din datele experimentale se observă că la un timp de agitare de 300 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S optim și în acest caz este 7:1. Creșterea timpului de agitare la 300 min nu a dus la o creștere a gradului de extracție față de timpul de agitare precedent, de 120 min, (87,88% la 300min față de 89,94% la 120min). Se observă că cel mai grad de extracție este la un timp de agitare de 60 min (95,87%) după care gradul de extracție al mercurului scade.

### 3.2.6. Studii privind eliminarea mercurului din sol utilizând soluție de KI 0,1M la pH bazic

#### 3.2.6.1. Influența timpului de agitare

Studiile au urmărit dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului pentru cele trei fracțiuni de sol în funcție de timpul de agitare la diferite rapoarte L : S.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH bazic (pH = 13) în funcție de timpul de agitare la raport L:S = 5:1 pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 122-124 și figurile 98 și 99.

**Tabelul 122.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 5 :1 pentru fracțiunea I de sol.

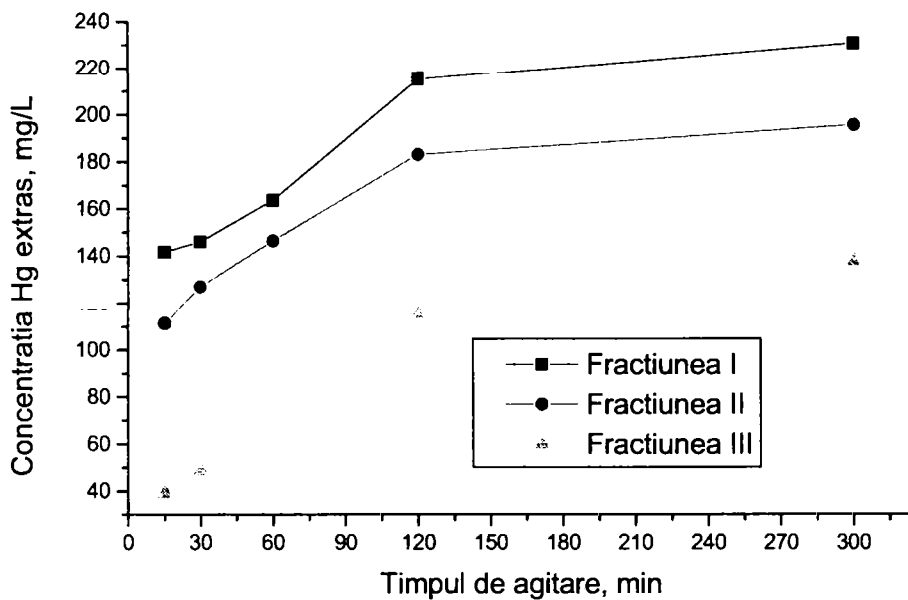
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	141,7	16,56
2.	30	146,0	18,98
3.	60	163,7	21,23
4.	120	215,2	27,15
5.	300	230,0	29,18

**Tabelul 123.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 5 :1 pentru fracțiunea II de sol

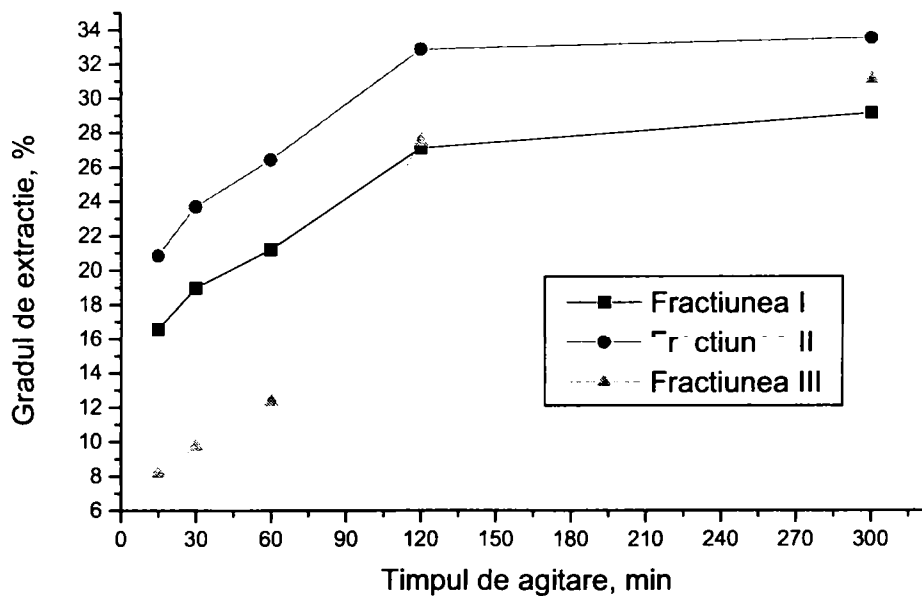
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	111,5	20,85
2.	30	127,0	23,71
3.	60	146,5	26,45
4.	120	183,2	32,89
5.	300	195,1	33,56

**Tabelul 124.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 5 :1 pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	39,0	8,19
2.	30	48,7	9,75
3.	60	69,5	12,35
4.	120	115,2	27,55
5.	300	137,5	31,15



**Figura 98.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 5 : 1



**Figura 99.** Dependența gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 5 : 1



Din datele experimentale se observă că la raportul  $L : S = 5 : 1$ , până la un timp de agitare de 120 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 120 min.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradul de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH bazic (pH = 13) în funcție de timpul de agitare la raport  $L:S = 6:1$  pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 125-127 și figurile 100 și 101.

**Tabelul 125.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradul de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de timpul de agitare la raport  $L : S = 6 : 1$  pentru fracțiunea I de sol

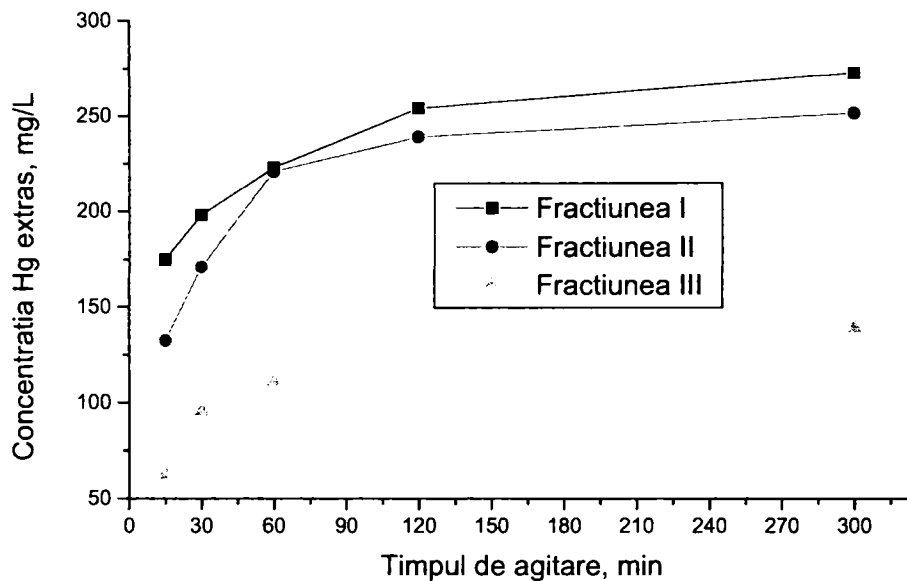
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	175,0	29,42
2.	30	198,0	36,15
3.	60	223,0	45,21
4.	120	254,0	50,62
5.	300	272,0	52,15

**Tabelul 126.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradul de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de timpul de agitare la raport  $L : S = 6 : 1$  pentru fracțiunea II de sol

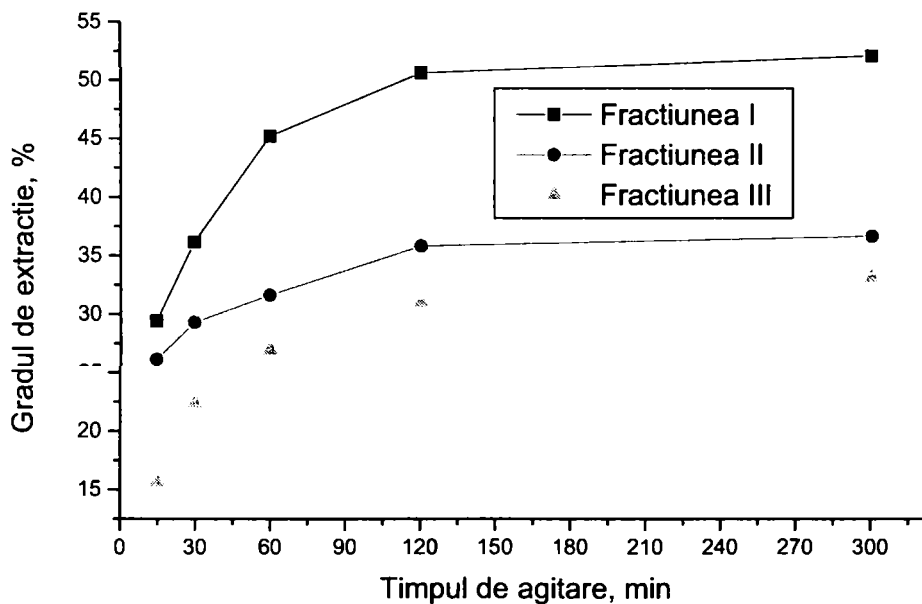
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	132,5	26,15
2.	30	171,0	29,32
3.	60	221,0	31,65
4.	120	239,0	35,87
5.	300	251,0	36,68

**Tabelul 127.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradul de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de timpul de agitare la raport  $L : S = 6 : 1$  pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	62,3	15,67
2.	30	95,5	22,39
3.	60	111,2	26,97
4.	120	124,0	31,05
5.	300	139,0	33,21



**Figura 100.** Dependenta concentratiei mercurului extras cu solutie de KI 0,1M la pH = 13 în functie de timpul de agitare la raport L : S = 6 : 1



**Figura 101.** Dependenta gradului de extractie a mercurului cu solutie de KI 0,1M la pH = 13 în functie de timpul de agitare la raport L : S = 6 : 1

Din datele experimentale se observă că la raportul  $L : S = 6 : 1$ , până la un timp de agitare de 120 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 120 min. De asemenea se observă pentru fracțiunea I de sol un grad mai mare de extracție decât pentru fracțiunile II și III.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH bazic ( $\text{pH} = 13$ ) în funcție de timpul de agitare la raport  $L:S = 7:1$  pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 128-130 și figurile 102 și 103.

**Tabelul 128.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la  $\text{pH} = 13$  în funcție de timpul de agitare la raport  $L : S = 7 : 1$  pentru fracțiunea I de sol

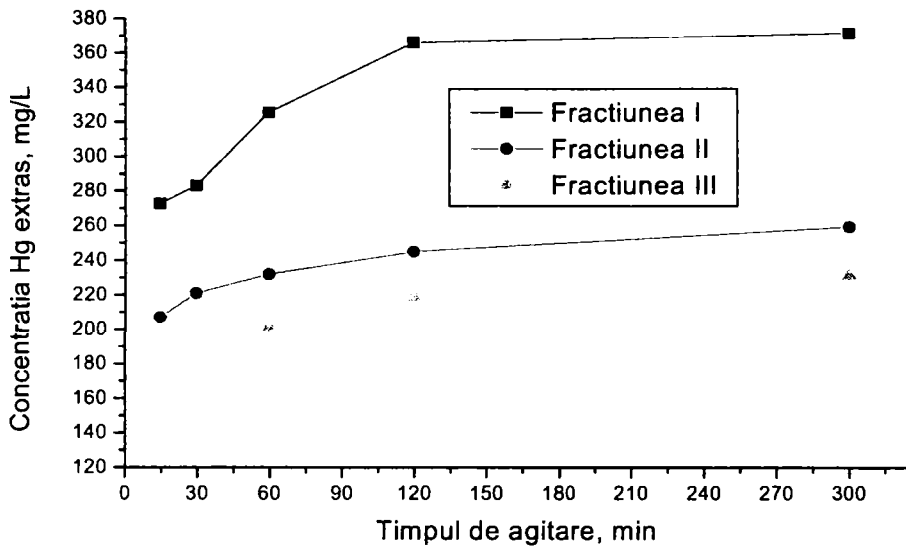
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	272,7	70,10
2.	30	283,1	72,25
3.	60	325,5	79,61
4.	120	366,0	89,90
5.	300	371,0	91,15

**Tabelul 129.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la  $\text{pH} = 13$  în funcție de timpul de agitare la raport  $L : S = 7 : 1$  pentru fracțiunea II de sol

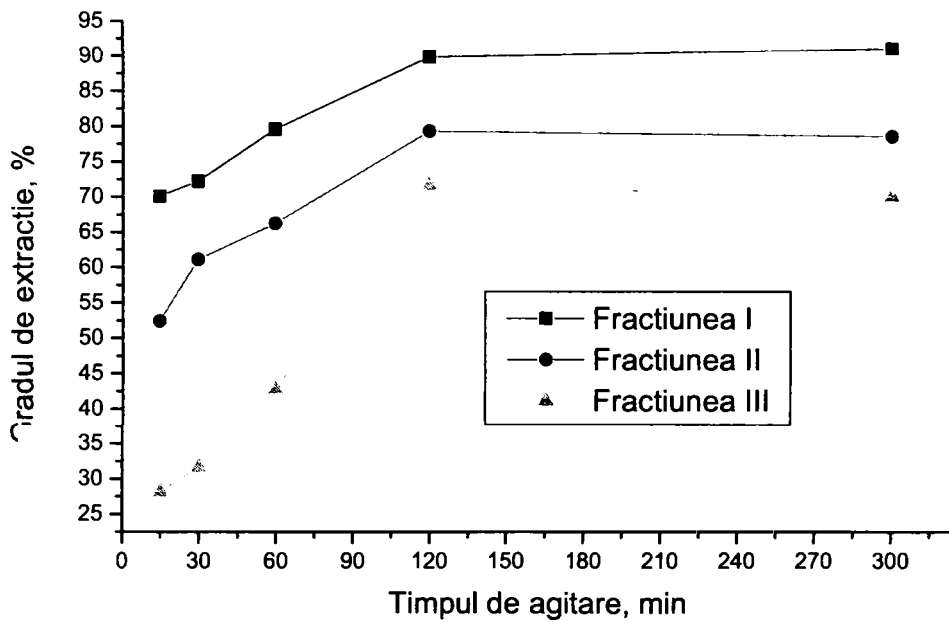
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	207,0	52,43
2.	30	221,0	61,15
3.	60	232,0	66,28
4.	120	245,0	71,39
5.	300	259,0	78,69

**Tabelul 130.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la  $\text{pH} = 13$  în funcție de timpul de agitare la raport  $L : S = 7 : 1$  pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras [mg/L]	$\eta$ de extracție [%]
1.	15	131,0	28,15
2.	30	178,0	31,65
3.	60	201,0	42,87
4.	120	219,0	79,69
5.	300	231,0	70,15



**Figura 102.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 7 : 1



**Figura 103.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 7 : 1

Din datele experimentale se observă că la raportul  $L : S = 7 : 1$ , până la un timp de agitare de 120 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 120 min.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH bazic ( $\text{pH} = 13$ ) în funcție de timpul de agitare la raport  $L:S = 8:1$  pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 131-133 și figurile 104 și 105.

**Tabelul 131.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la  $\text{pH} = 13$  în funcție de timpul de agitare la raport  $L : S = 8 : 1$  pentru fracțiunea I de sol

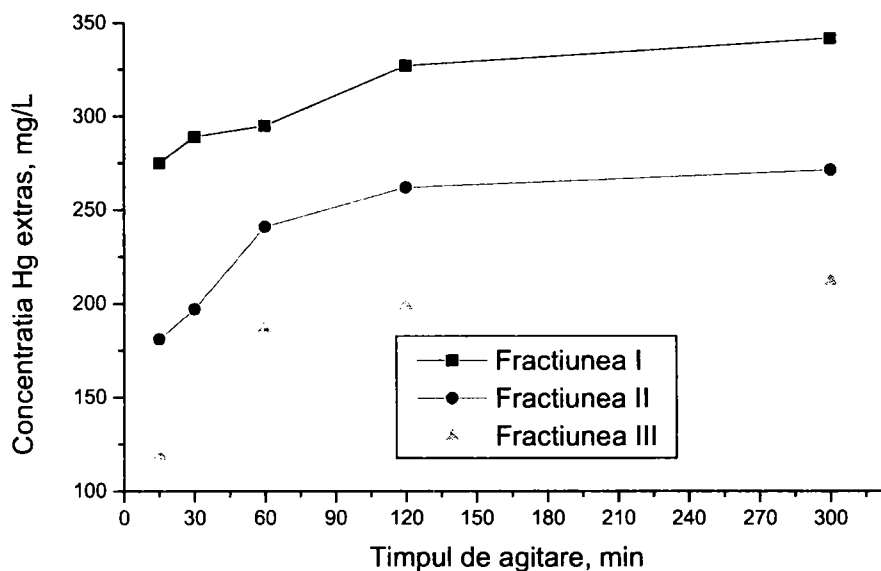
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	275,0	53,15
2.	30	289,0	58,89
3.	60	301,0	71,15
4.	120	327,0	74,57
5.	300	341,0	76,85

**Tabelul 132.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la  $\text{pH} = 13$  în funcție de timpul de agitare la raport  $L : S = 8 : 1$  pentru fracțiunea II de sol

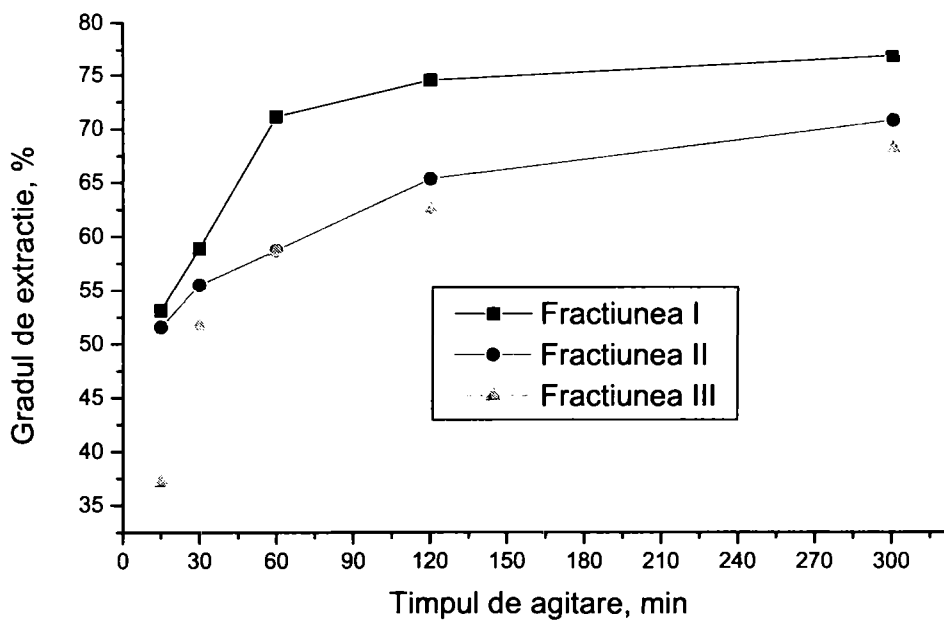
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	181,0	51,61
2.	30	197,0	55,49
3.	60	241,0	58,75
4.	120	262,0	65,41
5.	300	271,0	70,86

**Tabelul 133.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la  $\text{pH} = 13$  în funcție de timpul de agitare la raport  $L : S = 8 : 1$  pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	119,0	37,15
2.	30	169,0	51,75
3.	60	187,0	58,68
4.	120	199,0	62,51
5.	300	232,0	68,21



**Figura 104.** Dependenta concentratiei mercurului extras cu solutie de KI 0,1M la pH = 13 în functie de timpul de agitare la raport L : S = 8 : 1



**Figura 105.** Dependenta gradului de extractie a mercurului cu solutie de KI 0,1M la pH = 13 în functie de timpul de agitare la raport L : S = 8 : 1

Din datele experimentale se observă că la raportul  $L : S = 8 : 1$ , până la un timp de agitare de 120 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 120 min. Se observă valori practic identice ale gradului de extracție pentru fracțiunile II și III la un timp de agitare de 60 min

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH bazic ( $pH = 13$ ) în funcție de timpul de agitare la raport  $L:S = 10:1$  pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 134-136 și figurile 106 și 107.

**Tabelul 134.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la  $pH = 13$  în funcție de timpul de agitare la raport  $L : S = 10 : 1$  pentru fracțiunea I de sol

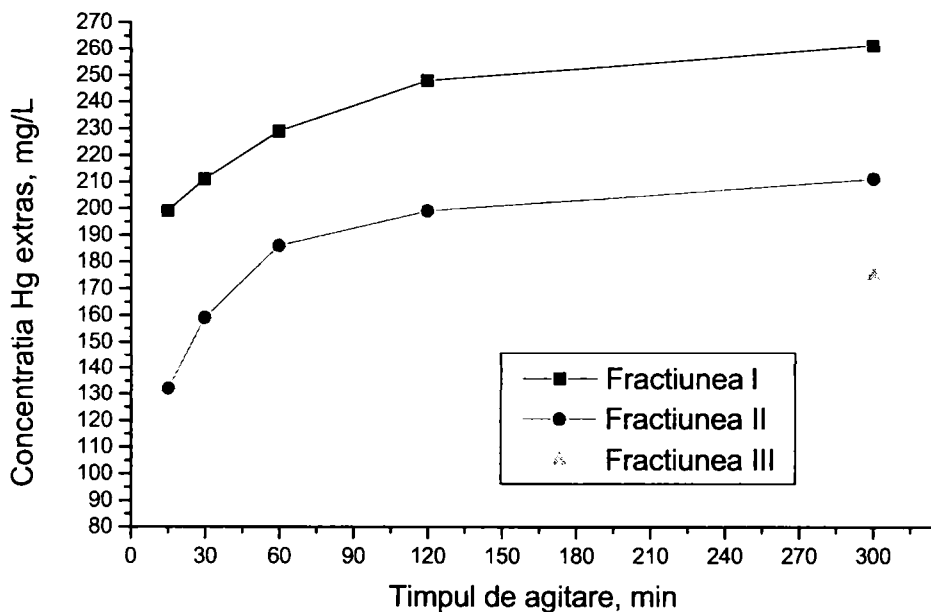
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	199,0	48,69
2.	30	211,0	54,15
3.	60	229,0	67,15
4.	120	248,0	72,35
5.	300	251,0	72,96

**Tabelul 135.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la  $pH = 13$  în funcție de timpul de agitare la raport  $L : S = 10 : 1$  pentru fracțiunea II de sol

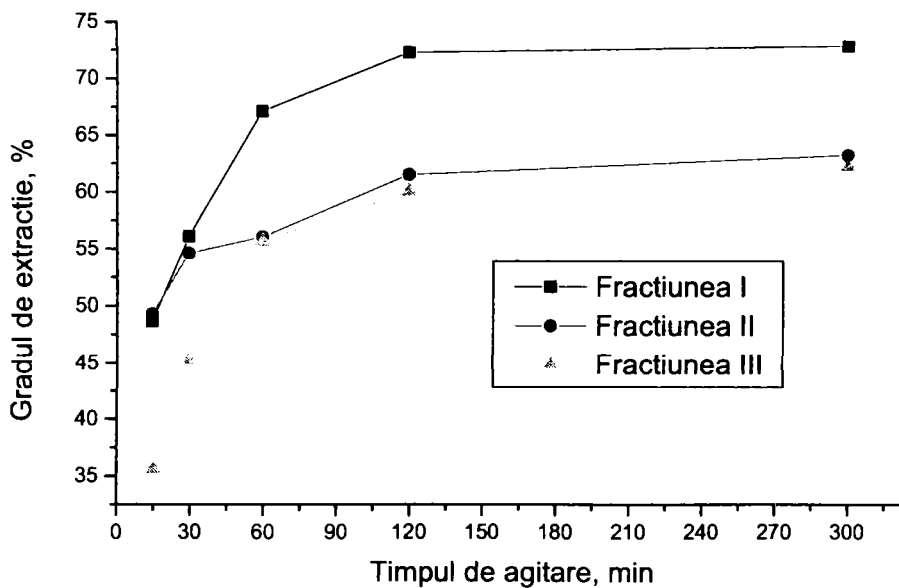
Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	132,0	49,31
2.	30	159,0	56,63
3.	60	186,0	56,09
4.	120	199,0	61,62
5.	300	211,0	63,32

**Tabelul 136.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la  $pH = 13$  în funcție de timpul de agitare la raport  $L : S = 10 : 1$  pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Timpul de agitare [min]	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	15	91,0	35,61
2.	30	129,0	45,25
3.	60	138,0	55,71
4.	120	159,0	60,15
5.	300	175,0	62,31



**Figura 106.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 10 : 1



**Figura 107.** Dependența gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de timpul de agitare la raport L : S = 10 : 1



Din datele experimentale se observă că la raportul  $L : S = 10 : 1$ , până la un timp de agitare de 120 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 120 min. Se observă valori foarte apropiate ale gradului de extracție pentru fracțiunile II și III.

### 3.2.6.2. Influența raportului lichid : solid ( $L : S$ )

Studiile au urmărit dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului pentru cele trei fracțiuni de sol în funcție de raportul  $L : S$ , la diferiți timpi de amestecare

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH bazic ( $\text{pH} = 13$ ) în funcție de raportul  $L:S$  la un timp de agitare de 15 min pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 137-139 și figurile 108 și 109.

**Tabelul 137.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la  $\text{pH} = 13$  în funcție de raportul  $L : S$  la un timp de agitare de 15 min pentru fracțiunea I de sol

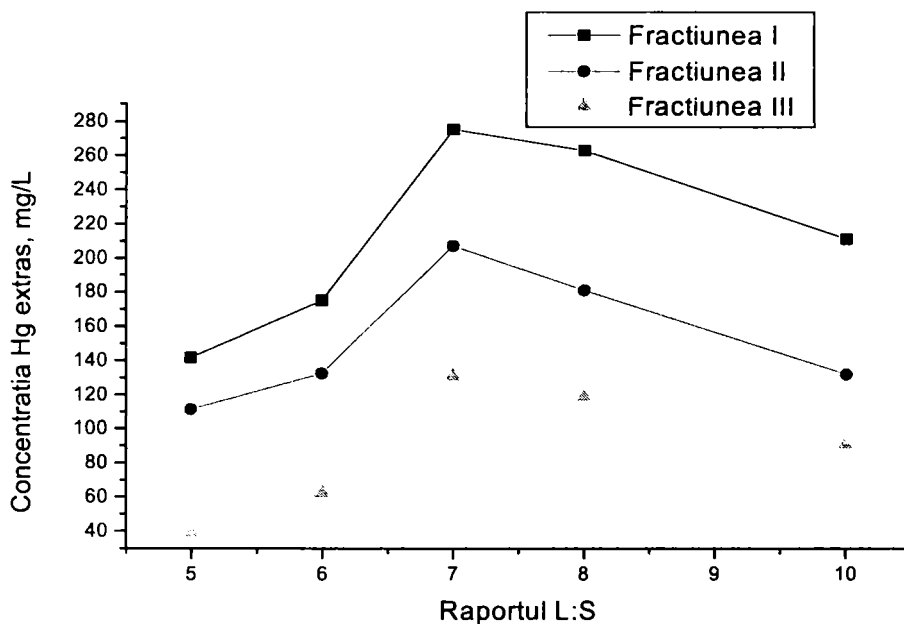
Nr, crt.	Raportul $L : S$	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	141,7	20,85
2.	6 : 1	175,0	29,42
3.	7 : 1	275,0	70,10
4.	8 : 1	262,7	56,15
5.	10 : 1	211,0	51,61

**Tabelul 138** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la  $\text{pH} = 13$  în funcție de raportul  $L : S$  la un timp de agitare de 15 min pentru fracțiunea II de sol

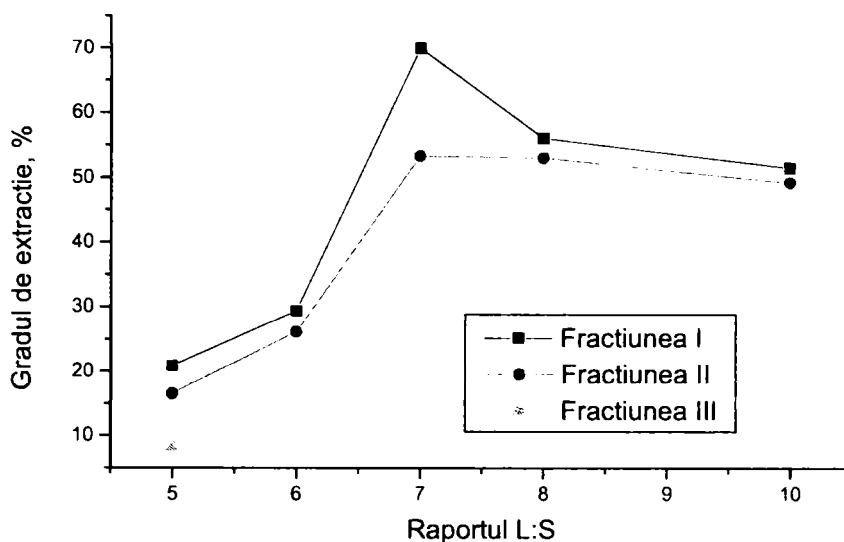
Nr, crt.	Raportul $L : S$	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	111,5	16,56
2.	6 : 1	132,5	26,15
3.	7 : 1	207,0	53,43
4.	8 : 1	181,0	52,15
5.	10 : 1	132,0	49,31

**Tabel 139.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 15 min pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	39,0	8,19
2.	6 : 1	62,3	15,67
3.	7 : 1	131,0	37,15
4.	8 : 1	119,0	35,15
5.	10 : 1	91,0	28,61



**Figura 108.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 15 min



**Figura 109.** Dependența gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 15 min

Din datele experimentale se observă că la un timp de agitare de 15 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S optim în acest caz este 7:1.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH bazic (pH = 13) în funcție de raportul L:S la un timp de agitare de 30 min pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 140-142 și figurile 110 și 111.

**Tabelul 140.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 30 min pentru fracțiunea I de sol

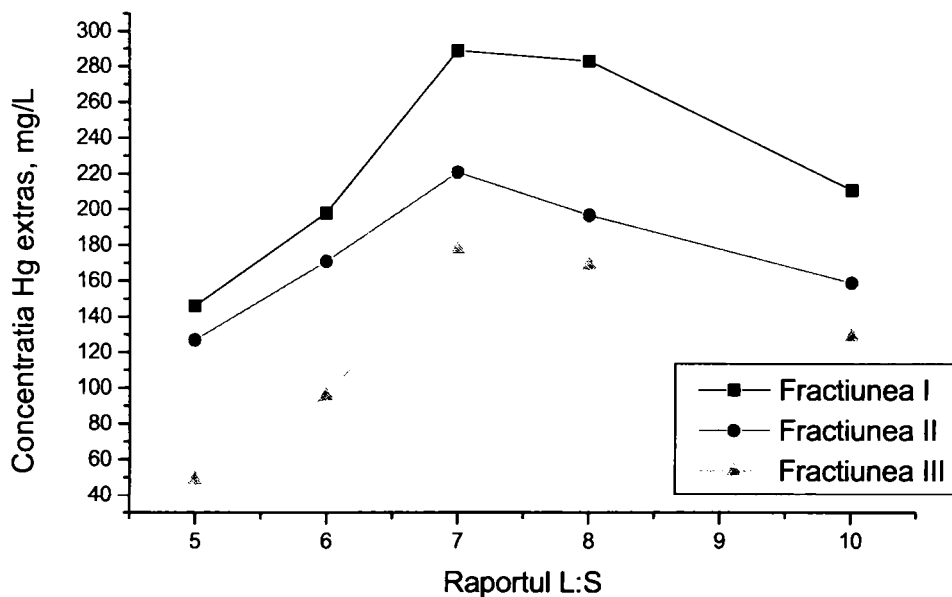
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	146,0	23,71
2.	6 : 1	198,0	36,15
3.	7 : 1	289,0	72,25
4.	8 : 1	283,1	58,89
5.	10 : 1	211,0	56,63

**Tabelul 141.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 30 min pentru fracțiunea II de sol

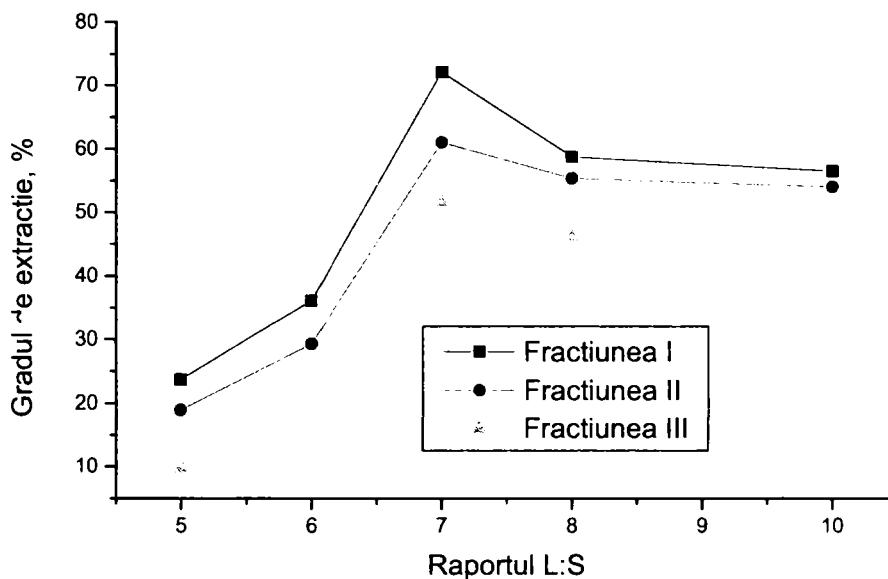
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	127,0	18,98
2.	6 : 1	171,0	29,32
3.	7 : 1	221,0	61,15
4.	8 : 1	197,0	55,49
5.	10 : 1	159,0	54,15

**Tabelul 142.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 30 min pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	48,7	9,75
2.	6 : 1	95,5	22,39
3.	7 : 1	178,0	51,75
4.	8 : 1	169,0	46,25
5.	10 : 1	129,0	31,65



**Figura 110.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 30 min



**Figura 111.** Dependența gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 30 min

Din datele experimentale se observă că la un timp de agitare de 30 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S optim în acest caz este 7:1. Se observă o variație simetrică a gradului de extracție pentru cele trei fracțiuni de sol.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH bazic (pH = 13) în funcție de raportul L:S la un timp de agitare de 60 min pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 143-145 și figurile 112 și 113.

**Tabelul 143.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 60 min pentru fracțiunea I de sol

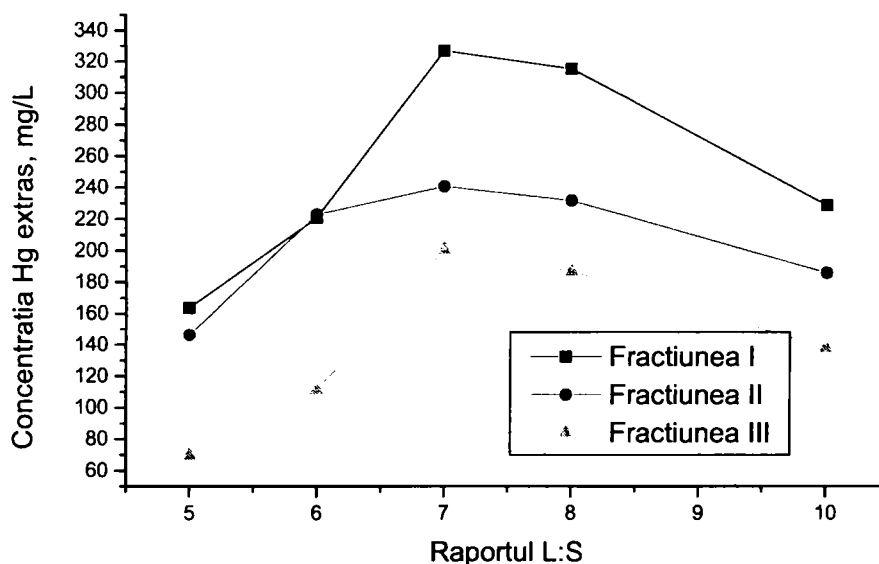
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	163,7	26,45
2.	6 : 1	221,0	45,21
3.	7 : 1	327,0	79,61
4.	8 : 1	315,5	67,15
5.	10 : 1	229,0	66,28

**Tabelul 144.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 60 min pentru fracțiunea II de sol

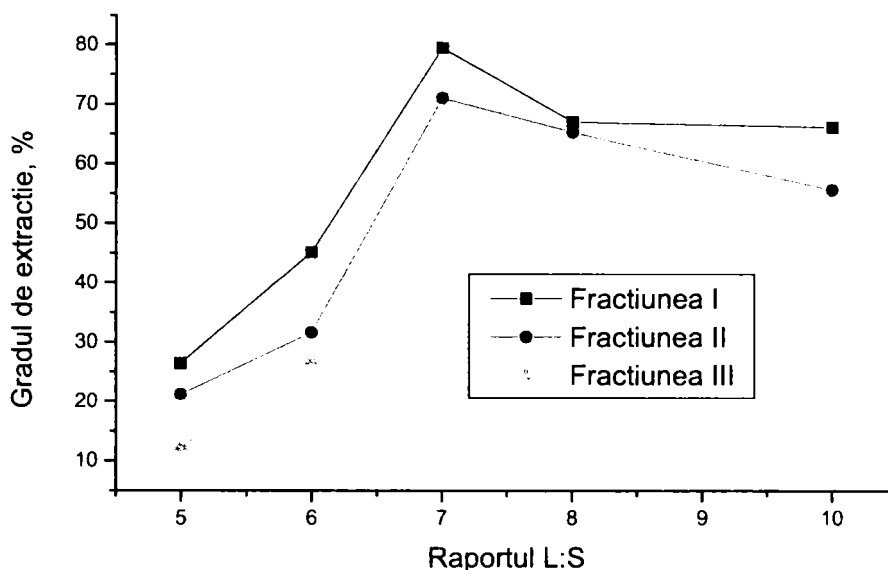
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	146,5	21,23
2.	6 : 1	223,0	31,65
3.	7 : 1	241,0	71,15
4.	8 : 1	232,0	65,41
5.	10 : 1	186,0	55,71

**Tabelul 145.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 60 min pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	69,5	12,35
2.	6 : 1	111,2	26,97
3.	7 : 1	201,0	58,68
4.	8 : 1	187,0	56,09
5.	10 : 1	138,0	42,87



**Figura 112.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 60 min



**Figura 113.**Dependența gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 60 min

Din datele experimentale se observă că la un timp de agitare de 60 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S optim în acest caz este 7:1.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH bazic (pH = 13) în funcție de raportul L:S la un timp de agitare de 120 min pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 146-148 și figurile 114 și 115

**Tabelul 146.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 120 min pentru fracțiunea I de sol

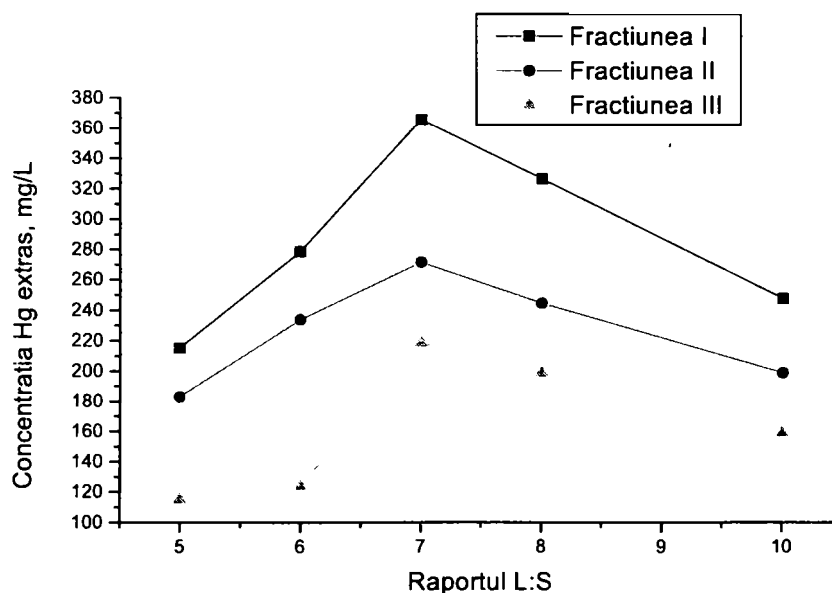
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	215,2	32,89
2.	6 : 1	279,0	50,62
3.	7 : 1	366,0	89,90
4.	8 : 1	327,0	72,35
5.	10 : 1	248,0	69,39

**Tabelul 147.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 120 min pentru fracțiunea II de sol

Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	183,2	27,55
2.	6 : 1	234,0	35,87
3.	7 : 1	272,0	74,57
4.	8 : 1	245,0	65,41
5.	10 : 1	199,0	61,62

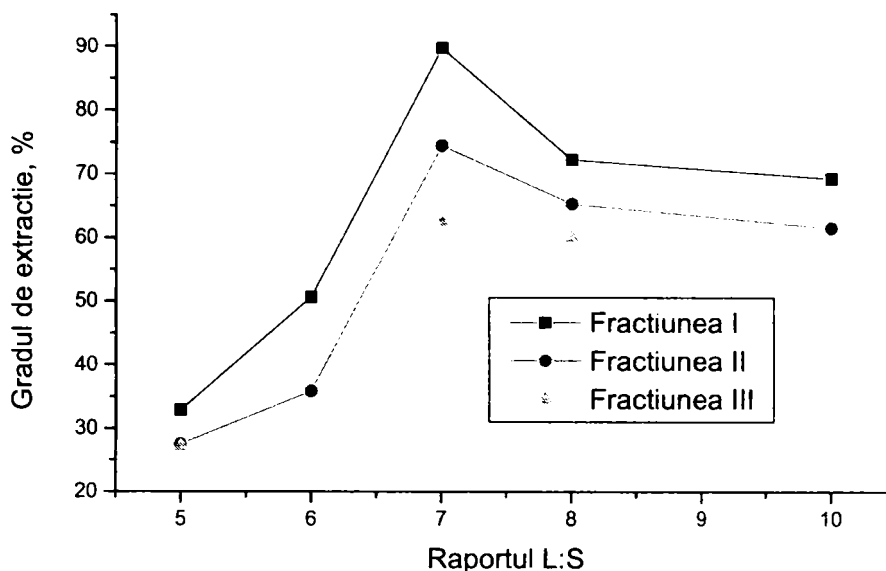
**Tabelul 148.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 120 min pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	115,2	27,15
2.	6 : 1	124,0	31,05
3.	7 : 1	219,0	62,51
4.	8 : 1	199,0	60,15
5.	10 : 1	159,0	54,63



**Figura 114.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 120 min





**Figura 115.** Dependența gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 120 min

Din datele experimentale se observă că la un timp de agitare de 120 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S optim în acest caz este 7:1. Se observă o creștere bruscă a gradului de extracție la raportul L:S = 7:1 pentru toate cele trei fracțiuni de sol.

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH bazic (pH = 13) în funcție de raportul L:S la un timp de agitare de 300 min pentru fracțiunile I, II și III de sol sunt prezentate în tabelele 149-151 și figurile 116 și 117.

**Tabelul 149.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 300 min pentru fracțiunea I de sol

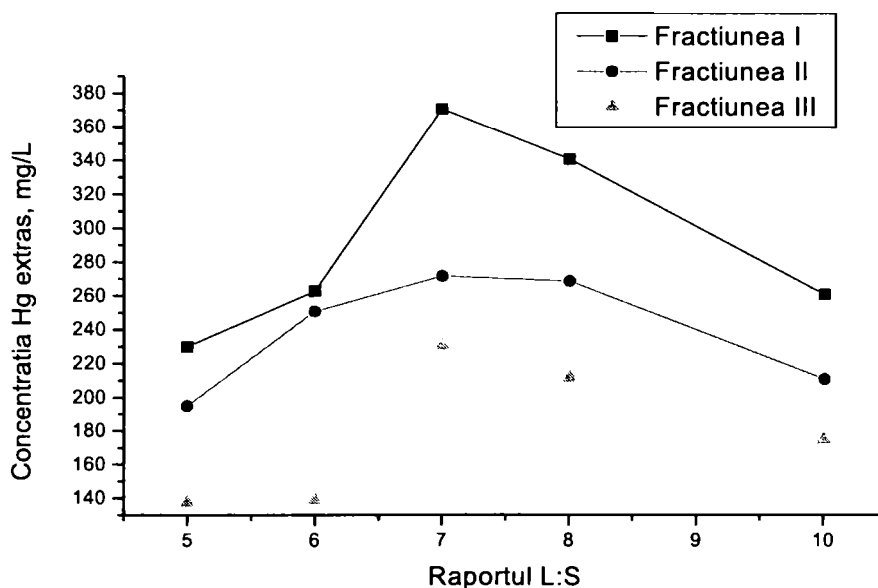
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	230,0	33,56
2.	6 : 1	263,0	52,15
3.	7 : 1	371,0	93,15
4.	8 : 1	341,0	78,21
5.	10 : 1	261,0	72,96

**Tabelul 150.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 300 min pentru fracțiunea II de sol

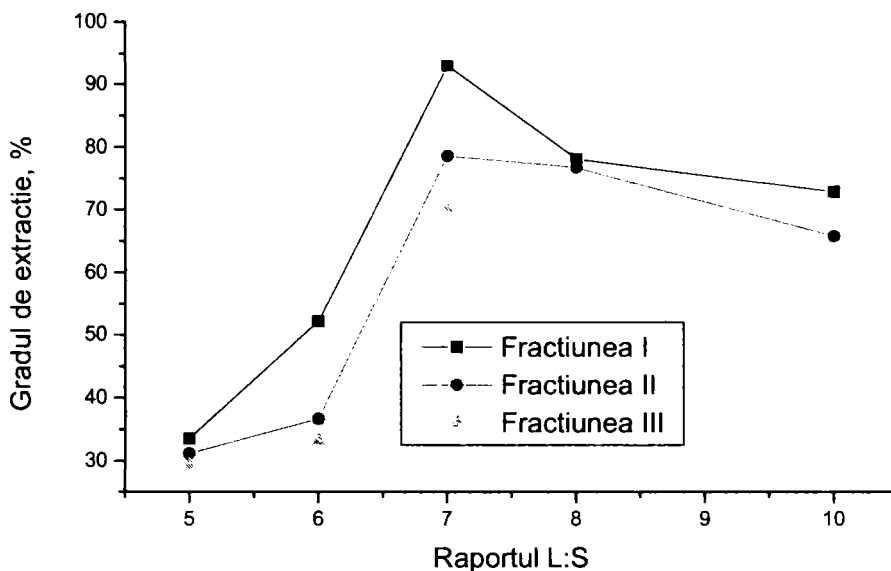
Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	195,1	31,15
2.	6 : 1	251,0	36,68
3.	7 : 1	272,0	78,69
4.	8 : 1	269,0	76,85
5.	10 : 1	211,0	65,86

**Tabelul 151.** Dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 300 min pentru fracțiunea III de sol

Nr, crt.	Raportul L : S	Concentrația mercurului extras, [mg/L]	Grad de extracție, [%]
1.	5 : 1	137,5	29,18
2.	6 : 1	139,0	33,21
3.	7 : 1	231,0	70,15
4.	8 : 1	212,0	67,31
5.	10 : 1	175,0	44,32



**Figura 116.** Dependența concentrației mercurului extras cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 300 min



**Figura 117.** Dependența gradului de extracție a mercurului cu soluție de KI 0,1M la pH = 13 în funcție de raportul L : S la un timp de agitare de 300 min

Din datele experimentale se observă că la un timp de agitare de 300 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S optim în acest caz este 7:1. Se observă o creștere bruscă a gradului de extracție la raportul L:S = 7:1 pentru toate cele trei fracțiuni de sol. Se observă un salt mare la gradul de extracție al mercurului de la raportul L:S = 6:1 la raportul L:S = 7:1.

### 3.2.7. Studii comparative privind eliminarea mercurului din sol utilizând soluții 0,1M de Na-EDTA, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, KI în mediu neutru, KI în mediu acid și KI în mediu bazic

Studiile au urmărit dependența cantității de mercur extrasă și a gradului de extracție a mercurului pentru cele trei fracțiuni de sol, în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S. Prelucrarea datelor experimentale s-a făcut cu ajutorul programului „Table Curve 3D”. Acest program a permis stabilirea expresiilor matematice ale dependențelor cantității și gradului de extracție a mercurului în funcție de parametrii procesului.

#### 3.2.7.1. Studii pentru fracțiunea I de sol

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras în funcție de timp și de raportul L : S în cazul utilizării pentru extracție a soluțiilor 0,1M de Na-EDTA, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, KI în mediu neutru, KI în mediu acid și KI în mediu bazic pentru fracțiunea I de sol sunt prezentate în tabelele 152 - 161 și în figurile 118 - 127

**Tabelul 152.** Dependența cantității de mercur extrasă în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea I în cazul extracției cu soluție 0,1M de Na-EDTA

Raport L:S	15 min	30 min	1 h	2 h	5 h
	Cantitatea de mercur extrasă, [mg/1g substanță uscată]				
5 : 1	0,67	0,69	0,76	0,98	1,075
6 : 1	0,98	1,11	1,18	1,32	1,39
7 : 1	2,68	2,75	3,05	3,45	3,58
8 : 1	2,11	1,97	2,23	2,49	2,60
10 :1	2,09	1,86	2,12	2,35	2,47

**Tabelul 153.** Dependența gradului de extracție a mercurului în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea I în cazul extracției cu soluție 0,1M de Na-EDTA

Raport L:S	15 min	30 min	1 h	2 h	5 h
	Gradul de extracție a mercurului, [%]				
5 : 1	19,77	22,43	25,47	31,93	27,70
6 : 1	28,13	35,74	44,86	49,42	35,87
7 : 1	74,14	76,04	78,60	88,91	92,26
8 : 1	52,85	57,41	66,78	73,38	67,01
10 :1	48,28	55,51	65,53	71,10	63,69

**Tabelul 154.** Dependența cantității de mercur extrasă în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea I în cazul extracției cu soluție 0,1M de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

Raport L:S	15 min	30 min	1 h	2 h	5 h
	Cantitatea de mercur extrasă [mg/1g substanță uscată]				
5 : 1	1,18	1,33	1,57	1,92	1,99
6 : 1	1,95	2,21	2,27	2,44	2,46
7 : 1	2,91	3,26	3,49	3,80	3,06
8 : 1	2,87	3,24	3,32	3,64	2,88
10 :1	2,75	2,89	3,24	3,57	2,68

**Tabelul 155.** Dependența gradului de extracție a mercurului în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea I în cazul extracției cu soluție 0,1M de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

Raport L:S	15 min	30 min	1 h	2 h	5 h
	Gradul de extracție a mercurului, [%]				
5 : 1	48,28	41,05	48,66	53,45	68,95
6 : 1	51,33	59,95	58,50	67,47	74,39
7 : 1	86,08	84,02	89,94	97,93	80,98
8 : 1	73,96	83,50	85,56	93,81	74,22
10 :1	75,00	81,44	71,39	83,76	69,07

**Tabelul 156.** Dependența cantității de mercur extrasă în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea I în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI în mediu neutru (pH = 6,9)

Raport L:S	15 min	30 min	1 h	2 h	5 h
	Cantitatea de mercur extrasă [mg/1g substanță uscată]				
5 : 1	1,98	2,06	2,45	2,58	2,61
6 : 1	2,34	2,57	2,95	3,05	3,25
7 : 1	2,83	3,18	3,72	3,49	3,41
8 : 1	2,73	2,85	3,44	3,16	3,10
10 :1	2,57	2,68	2,96	3,01	2,99

**Tabelul 157.** Dependența gradului de extracție a mercurului în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea I în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI în mediu neutru (pH = 6,9)

Raport L:S	15 min	30 min	1 h	2 h	5 h
	Gradul de extracție a mercurului, [%]				
5 : 1	51,00	53,28	63,20	66,55	65,46
6 : 1	68,00	74,74	92,46	75,28	67,26
7 : 1	72,93	81,95	95,87	89,94	87,88
8 : 1	49,00	60,56	80,92	70,72	62,73
10 :1	38,00	45,87	65,97	65,01	60,83

**Tabelul 158.** Dependența cantității de mercur extrasă în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea I în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI în mediu acid (pH = 1,5)

Raport L:S	15 min	30 min	1 h	2 h	5 h
	Cantitatea de mercur extrasă [mg/1g substanță uscată]				
5 : 1	2,05	2,26	2,56	2,66	2,81
6 : 1	2,48	2,67	3,05	3,25	3,42
7 : 1	2,95	3,29	3,81	3,68	3,53
8 : 1	2,84	2,95	3,63	3,27	3,22
10 : 1	2,67	2,77	3,11	3,06	2,91

**Tabelul 159.** Dependența gradului de extracție a mercurului în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea I în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI în mediu acid (pH = 1,5)

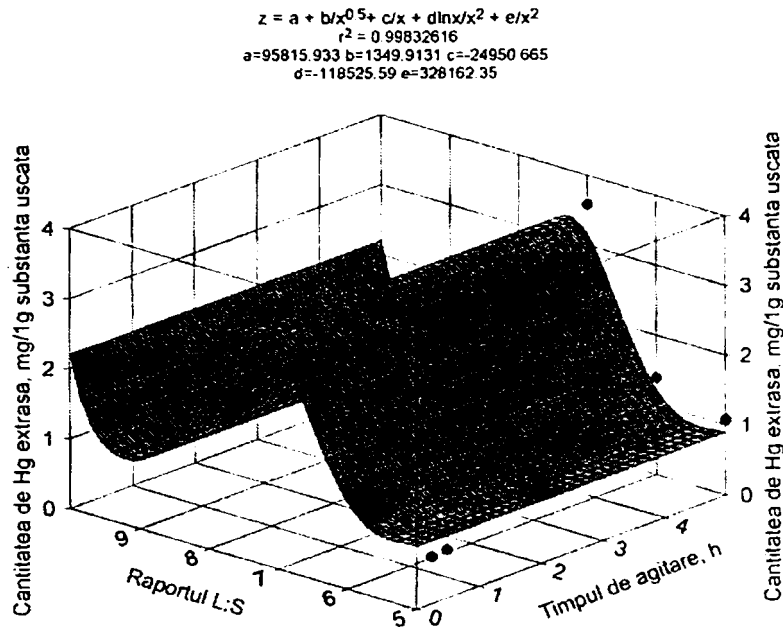
Raport L:S	15 min	30 min	1 h	2 h	5 h
	Gradul de extracție a mercurului, [%]				
5 : 1	31,56	42,47	54,66	50,15	61,23
6 : 1	51,35	59,25	68,59	61,15	65,39
7 : 1	76,20	85,15	98,85	90,27	91,15
8 : 1	74,25	84,15	94,15	86,25	90,21
10 : 1	70,11	72,41	84,67	82,45	85,18

**Tabelul 160.** Dependența cantității de mercur extrasă în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea I în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI în mediu bazic (pH = 13)

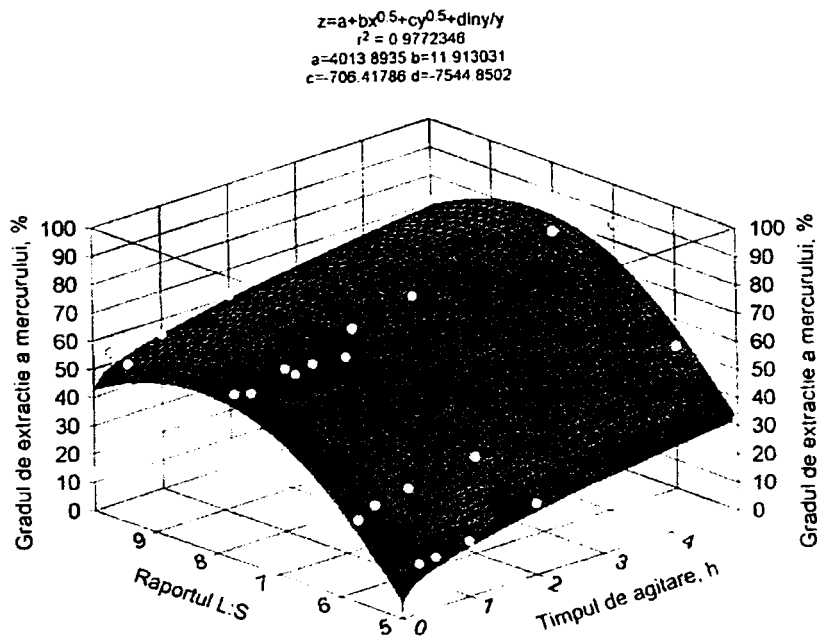
Raport L:S	15 min	30 min	1 h	2 h	5 h
	Cantitatea de mercur extrasă [mg/1g substanță uscată]				
5 : 1	0,57	0,62	0,66	0,87	1,075
6 : 1	0,88	0,99	1,08	1,26	1,39
7 : 1	2,57	2,65	3,15	2,87	2,98
8 : 1	2,01	2,11	2,21	2,39	2,50
10 : 1	1,86	1,99	2,02	2,25	2,37

**Tabelul 161.** Dependența gradului de extracție a mercurului în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea I în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI în mediu bazic (pH = 13)

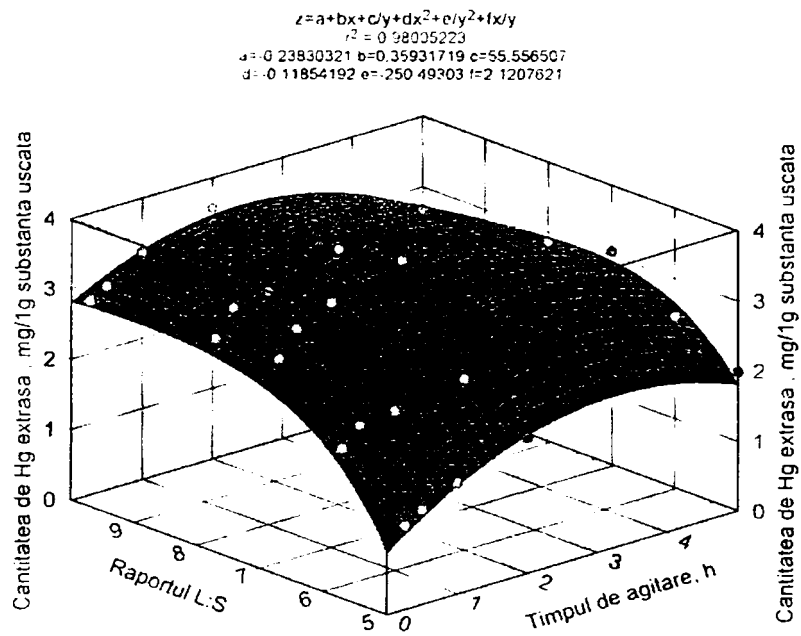
Raport L:S	15 min	30 min	1 h	2 h	5 h
	Gradul de extracție a mercurului, [%]				
5 : 1	20,85	23,71	26,45	32,89	33,56
6 : 1	29,42	36,15	45,21	50,62	52,15
7 : 1	70,10	72,25	79,61	89,90	93,15
8 : 1	56,15	58,89	67,15	72,35	78,21
10 : 1	51,61	56,63	66,28	69,39	72,96



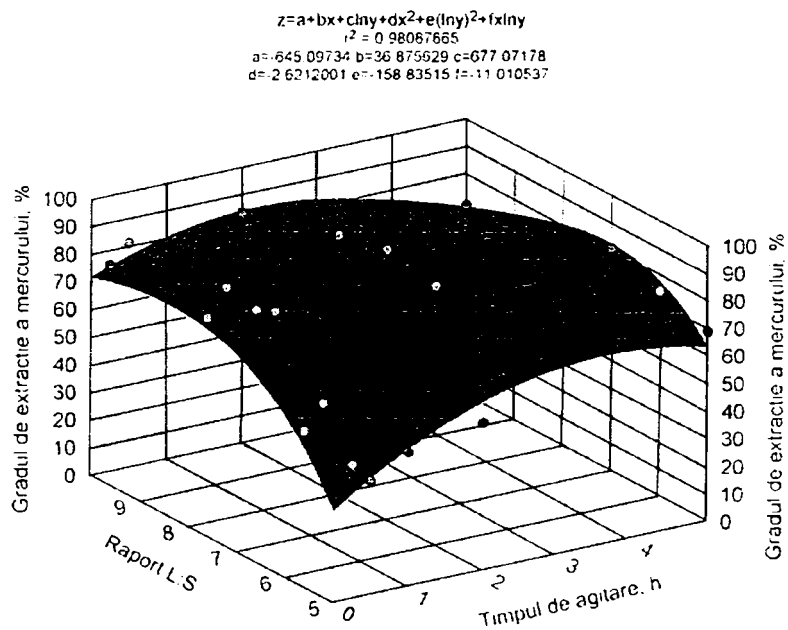
**Figura 118** Dependența cantității de mercur extrasă în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea I în cazul extracției cu soluție 0,1M de Na-EDTA



**Figura 119** Dependența gradului de extracție a mercurului în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea I în cazul extracției cu soluție 0,1M de Na-EDTA

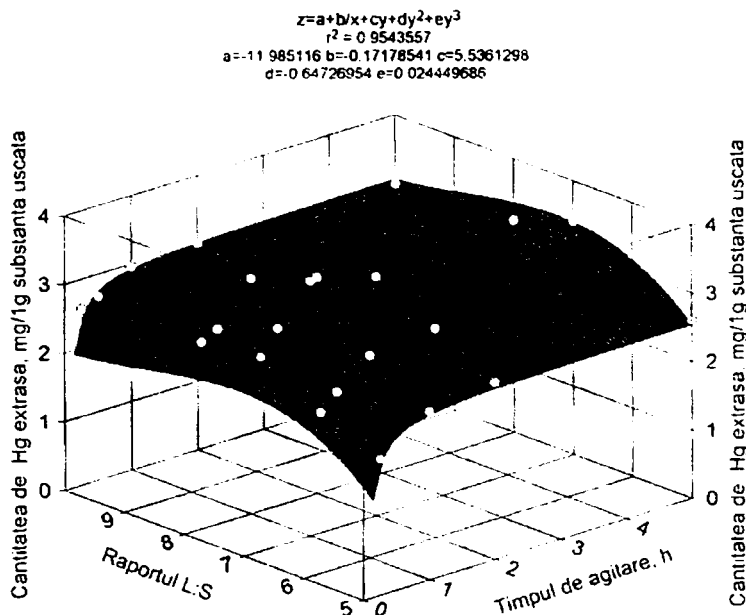


**Figura 120** Dependența cantității de mercur extrasă în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea I în cazul extracției cu soluție 0,1M de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

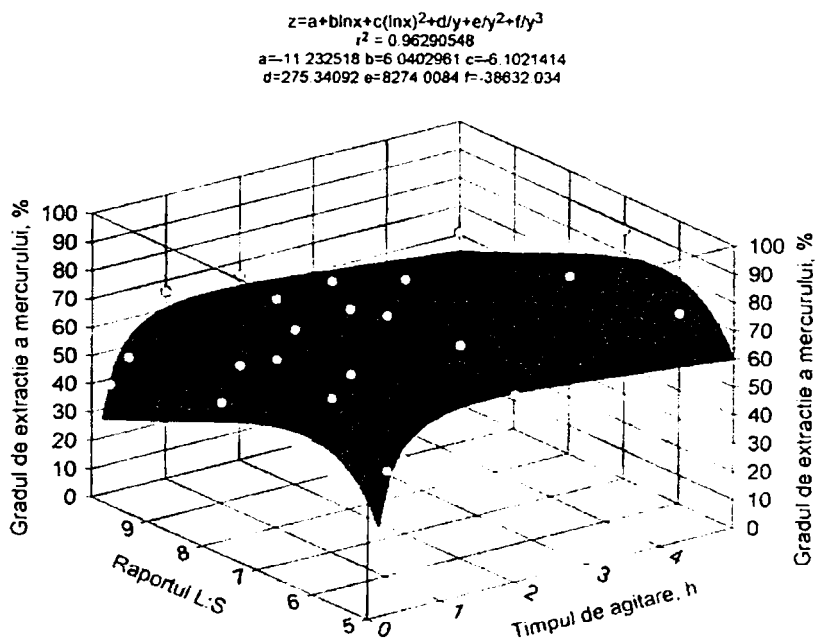


**Figura 121** Dependența gradului de extracție a mercurului în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea I în cazul extracției cu soluție 0,1M de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

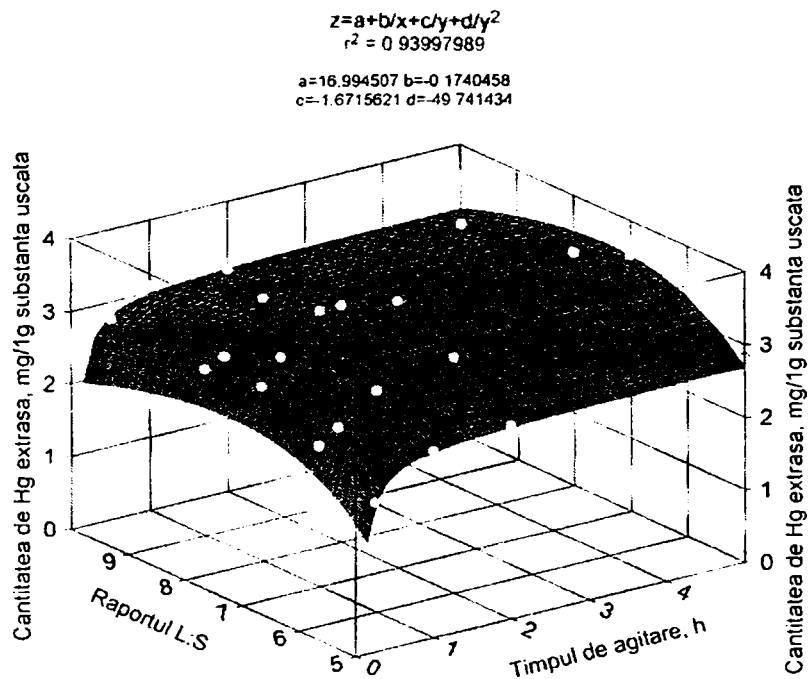




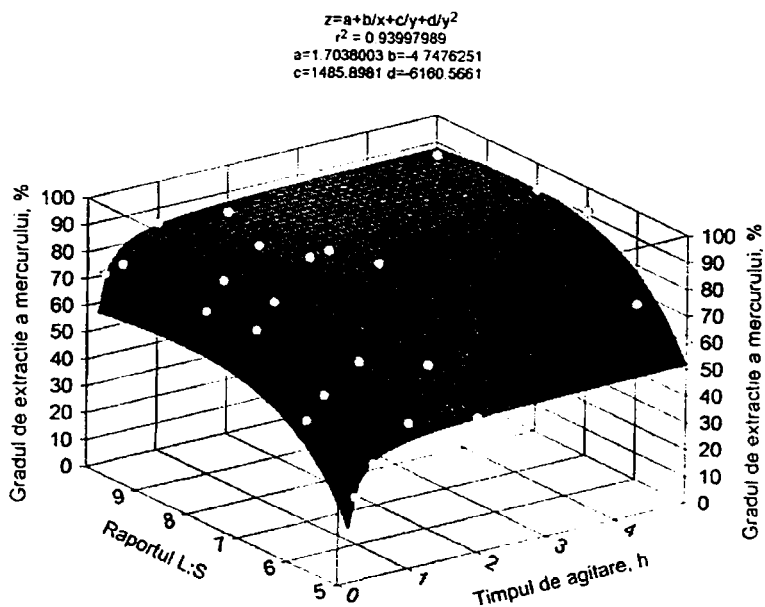
**Figura 122** Dependența cantității de mercur extrasă în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea I în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI la pH = 6,9



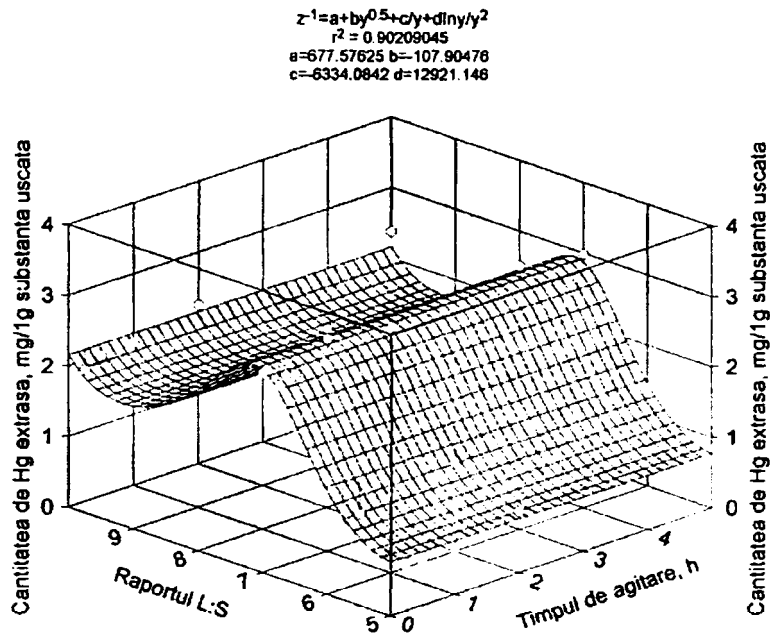
**Figura 123** Dependența gradului de extracție a mercurului în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea I în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI la pH = 6,9



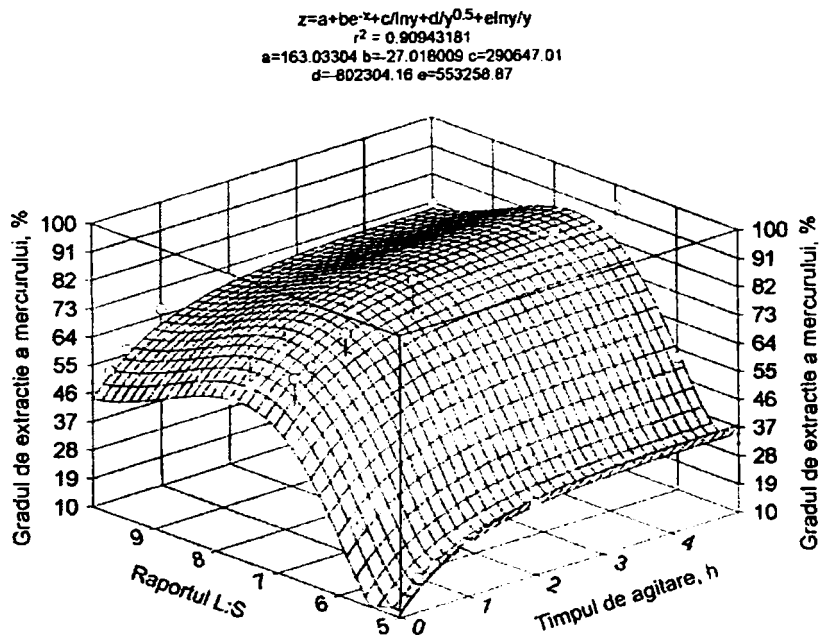
**Figura 124** Dependența cantității de mercur extrasă în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea I în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI la pH = 1,5



**Figura 125** Dependența gradului de extracție a mercurului în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea I în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI la pH = 1,5



**Figura 126** Dependența cantității de mercur extrasă în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea I în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI la pH = 13



**Figura 127** Dependența gradului de extracție a mercurului în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea I în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI la pH = 13

## 3.2.7.2. Studii pentru fracțiunea II de sol

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras în funcție de timp și de raportul L : S în cazul utilizării pentru extracție a soluțiilor 0,1M de Na-EDTA, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, KI în mediu neutru, KI în mediu acid și KI în mediu bazic pentru fracțiunea II de sol sunt prezentate în tabelele 162 - 171 și în figurile 128 - 137

**Tabelul 162.** Dependența cantității de mercur extrasă în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S pentru sol de fracțiunea II în cazul extracției cu soluție 0,1M de **Na-EDTA**

Raport L:S	15 min	30 min	1 h	2 h	5 h
	Cantitatea de mercur extrasă, [mg/1g substanță uscată]				
5 : 1	0,52	0,59	0,67	0,84	0,85
6 : 1	0,74	0,94	1,18	1,30	1,33
7 : 1	1,95	2,07	2,18	2,2	2,26
8 : 1	1,39	1,51	1,83	1,93	1,99
10 :1	1,27	1,46	1,75	1,87	1,88

**Tabelul 163.** Dependența gradului de extracție a mercurului în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S pentru sol de fracțiunea II în cazul extracției cu soluție 0,1M de **Na-EDTA**

Raport L:S	15 min	30 min	1 h	2 h	5 h
	Gradul de extracție al mercurului, [%]				
5 : 1	17,46	17,78	19,58	25,45	32,31
6 : 1	25,36	28,60	30,61	34,17	50,57
7 : 1	69,20	71,00	69,58	83,65	85,93
8 : 1	54,47	52,72	57,52	64,32	75,66
10 :1	53,86	47,93	54,63	60,56	71,48

**Tabelul 164.** Dependența cantității de mercur extrasă în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea II în cazul extracției cu soluție 0,1M de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Raport L:S	15 min	30 min	1 h	2 h	5 h
	Cantitatea de mercur extrasă [mg/1g substanță uscată]				
5 : 1	1,09	1,11	1,25	1,36	1,39
6 : 1	1,12	1,21	1,39	1,48	1,56
7 : 1	1,44	1,78	1,89	1,97	2,13
8 : 1	1,27	1,31	1,58	1,30	1,90
10 :1	1,18	1,26	1,46	1,16	1,06

**Tabelul 165.** Dependența gradului de extracție a mercurului în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea II în cazul extracției cu soluție 0,1M de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

Raport L:S	15 min	30 min	1 h	2 h	5 h
	Gradul de extracție al mercurului, [%]				
5 : 1	30,41	34,27	40,46	51,05	53,14
6 : 1	50,25	46,00	52,85	62,88	63,40
7 : 1	54,75	67,68	71,86	74,90	78,86
8 : 1	42,58	49,80	60,07	57,31	72,24
10 : 1	38,75	47,90	55,51	46,74	40,30

**Tabelul 166.** Dependența cantității de mercur extrasă în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea II în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI în mediu neutru (pH = 6,9)

Raport L:S	15 min	30 min	1 h	2 h	5 h
	Cantitatea de mercur extrasă, [mg/1g substanță uscată]				
5 : 1	1,10	1,38	1,55	1,55	1,54
6 : 1	1,25	1,45	1,87	1,87	1,79
7 : 1	1,42	1,76	2,13	2,13	1,84
8 : 1	1,34	1,55	1,98	1,98	1,75
10 : 1	1,15	1,35	1,75	1,75	1,60

**Tabelul 167.** Dependența gradului de extracție al mercurului în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea II în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI în mediu neutru (pH = 6,9)

Raport L:S	15 min	30 min	1 h	2 h	5 h
	Gradul de extracție a mercurului, [%]				
5 : 1	41,82	52,47	58,93	60,83	55,13
6 : 1	47,52	57,03	74,14	68,29	65,01
7 : 1	53,99	66,92	80,98	76,80	69,96
8 : 1	37,26	47,52	71,10	63,40	61,34
10 : 1	33,84	43,72	62,73	59,53	59,02

**Tabelul 168.** Dependența concentrației mercurului extras în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea II în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI în mediu acid (pH = 1,5)

Raport L:S	15 min	30 min	1 h	2 h	5 h
	Cantitatea de mercur extrasă [mg/1g substanță uscată]				
5 : 1	2,21	2,35	2,68	2,78	3,05
6 : 1	2,39	2,45	2,59	2,85	3,09
7 : 1	2,41	2,62	2,98	3,19	3,31
8 : 1	1,68	1,75	2,12	2,31	2,55
10 : 1	1,19	1,25	1,37	1,41	1,49

**Tabelul 169.** Dependența gradului de extracție a mercurului în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea II în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI în mediu acid (pH = 1,5)

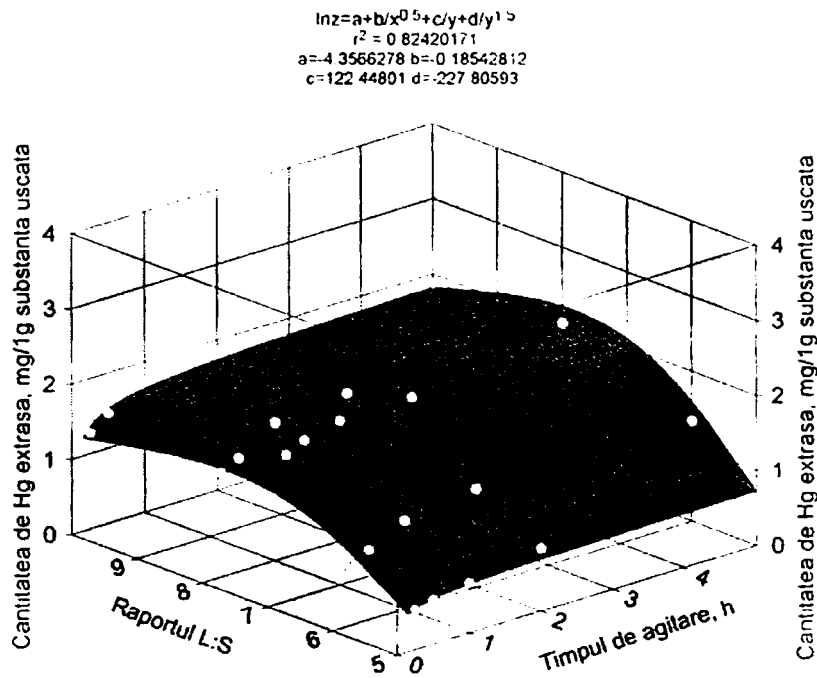
Raport L:S	15 min	30 min	1 h	2 h	5 h
	Gradul de extracție a mercurului, [%]				
5 : 1	39,15	35,29	53,69	42,57	55,87
6 : 1	43,69	47,91	63,85	53,46	61,15
7 : 1	52,43	77,38	84,39	83,95	86,47
8 : 1	49,75	51,35	71,45	61,27	73,25
10 : 1	41,49	45,21	48,91	46,87	52,15

**Tabelul 170.** Dependența cantității de mercur extrasă în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea II în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI în mediu bazic (pH = 13)

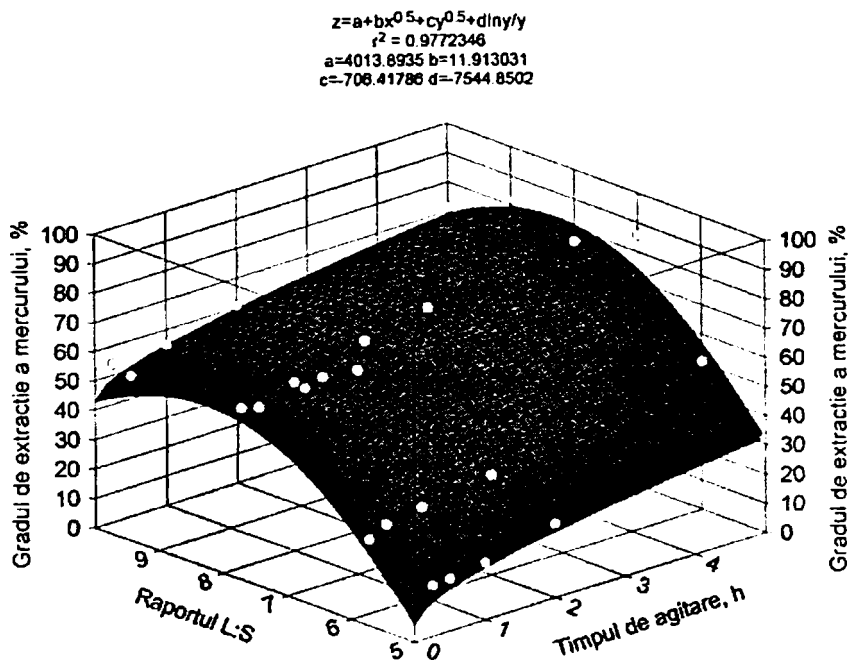
Raport L:S	15 min	30 min	1 h	2 h	5 h
	Cantitatea de mercur extrasă, [mg/1g substanță uscată]				
5 : 1	1,11	1,27	1,46	1,83	1,95
6 : 1	1,32	1,71	2,23	2,34	2,51
7 : 1	2,07	2,21	2,41	2,72	2,72
8 : 1	1,81	1,97	2,32	2,45	2,69
10 : 1	1,32	1,59	1,86	1,99	2,11

**Tabelul 171.** Dependența gradului de extracție a mercurului în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea II în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI în mediu bazic (pH = 13)

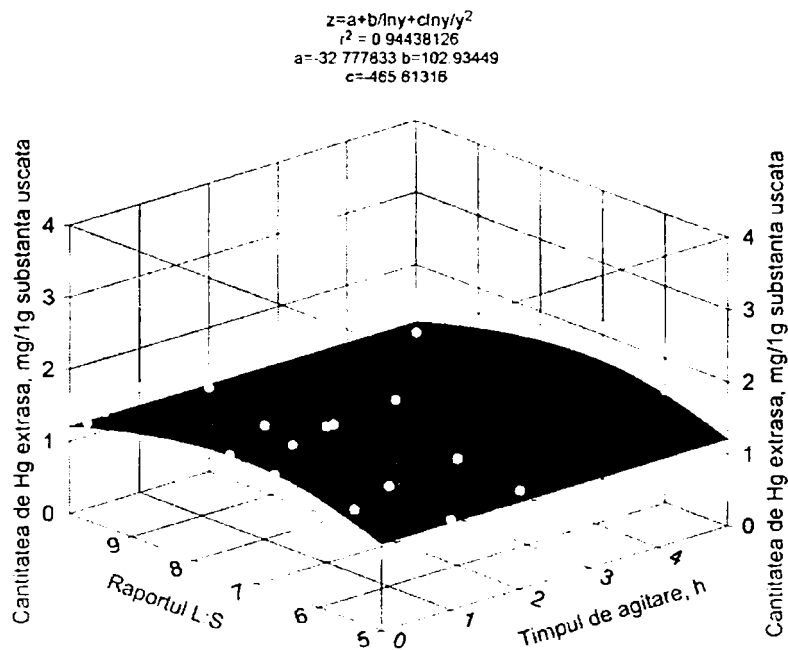
Raport L:S	15 min	30 min	1 h	2 h	5 h
	Gradul de extracție a mercurului, [%]				
5 : 1	16,56	18,98	21,23	27,55	31,15
6 : 1	26,15	29,32	31,65	35,87	36,68
7 : 1	53,43	61,15	71,15	74,57	78,69
8 : 1	52,15	55,49	65,41	65,41	76,85
10 : 1	49,31	54,15	55,71	61,62	65,86



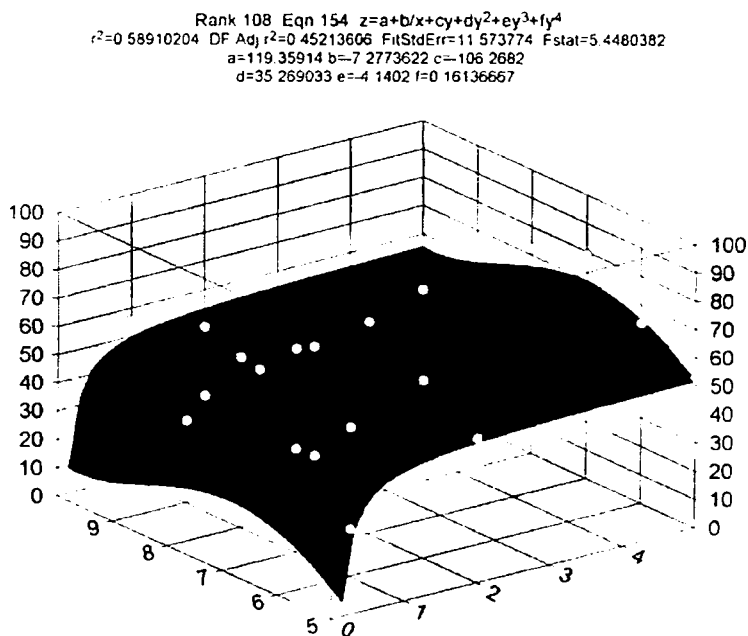
**Figura 128** Dependența cantității de mercur extrasă în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea II în cazul extracției cu soluție 0,1M de Na-EDTA



**Figura 129** Dependența gradului de extracție a mercurului în funcție de timpul de agitare de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea II în cazul extracției cu sol 0,1M de Na-EDTA

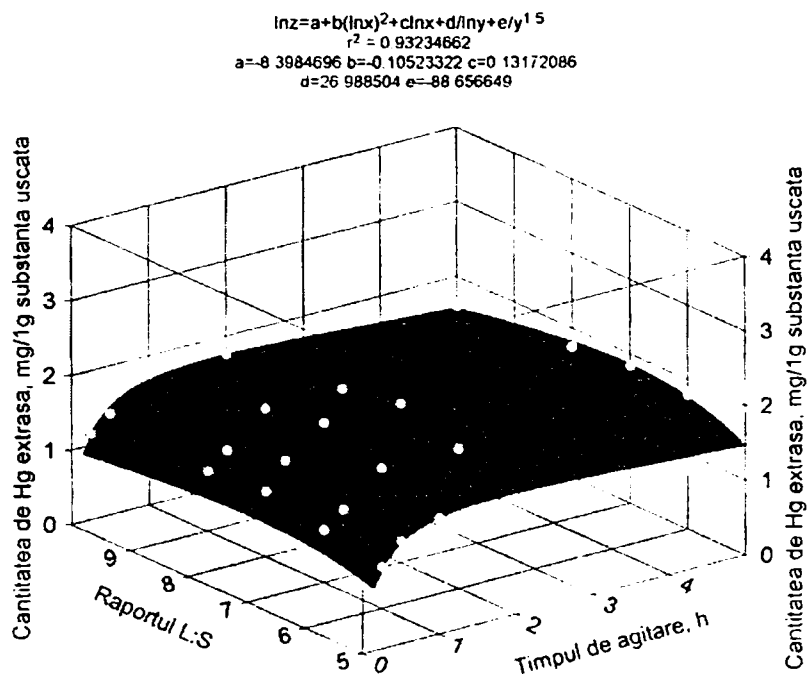


**Figura 130** Dependența cantității de mercur extrasă în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea II în cazul extracției cu soluție 0,1M de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

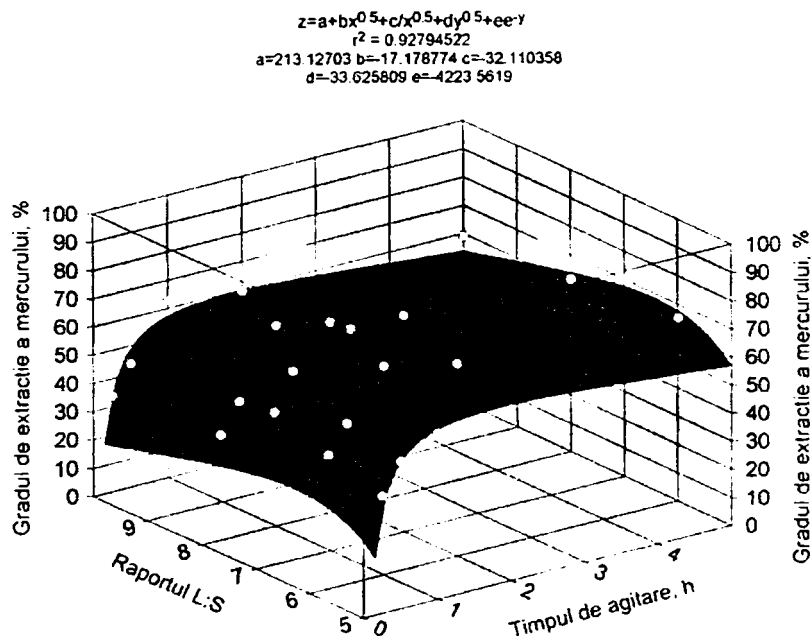


**Figura 131** Dependența gradului de extracție a mercurului în funcție de timpul de agitare de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea II în cazul extracției cu sol 0,1M de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

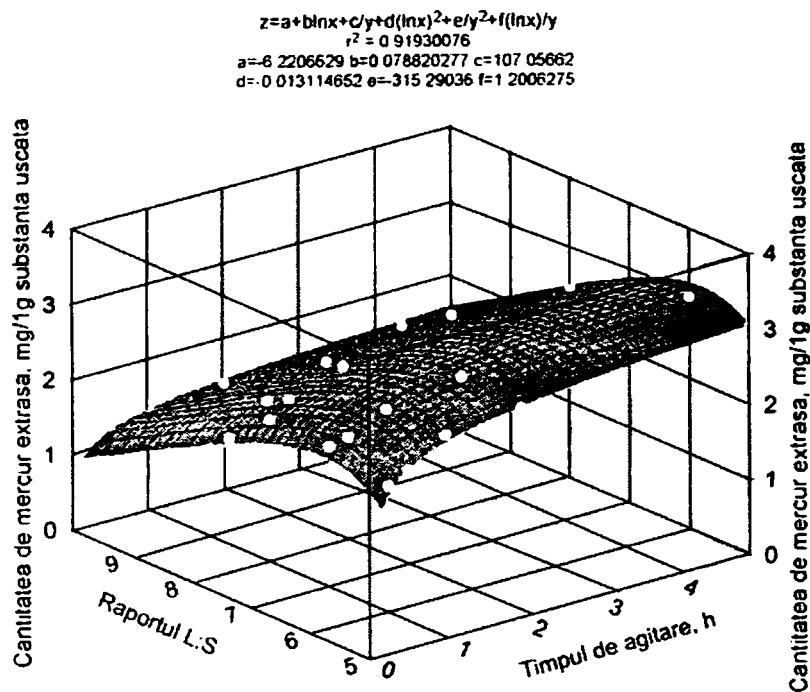




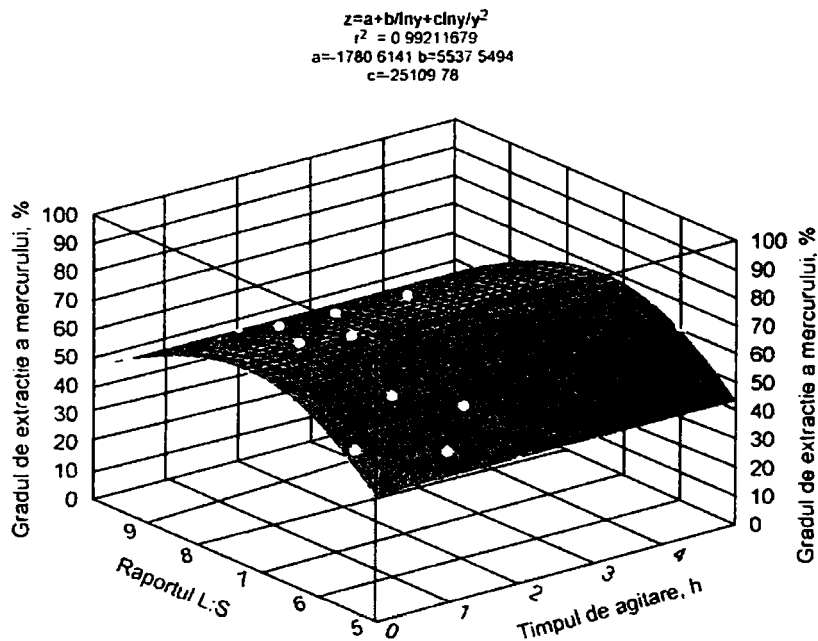
**Figura 132** Dependența cantității de mercur extrasă în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea II în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI la pH = 6,9



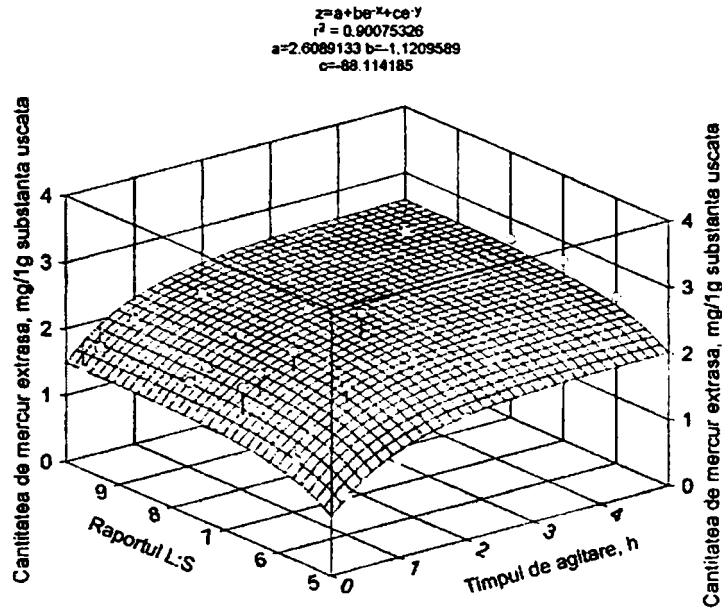
**Figura 133** Dependența gradului de extracție a mercurului în funcție de timpul de agitare de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea II în cazul extracției cu sol 0,1M de KI la pH = 6,9



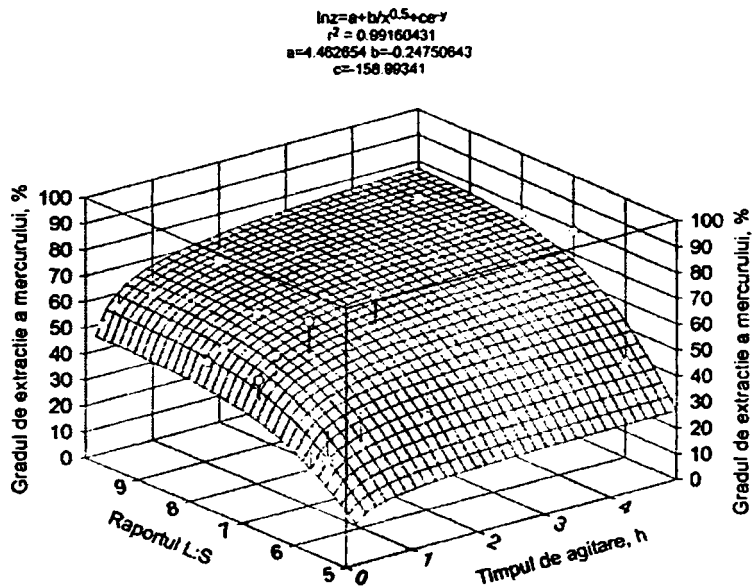
**Figura 134** Dependența cantității de mercur extrasă în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea II în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI la pH = 1,5



**Figura 135** Dependența gradului de extracție a mercurului în funcție de timpul de agitare de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea II în cazul extracției cu sol 0,1M de KI la pH = 1,5



**Figura 136** Dependența cantității de mercur extrasă în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea II în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI la pH = 13



**Figura 137** Dependența gradului de extracție a mercurului în funcție de timpul de agitare de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea II în cazul extracției cu sol 0,1M de KI la pH = 13

## 3.2.7.3. Studii pentru fracțiunea III de sol

Datele experimentale privind dependența concentrației mercurului extras în funcție de timp și de raportul L : S în cazul utilizării pentru extracție a soluțiilor 0,1M de Na-EDTA, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, KI în mediu neutru, KI în mediu acid și KI în mediu bazic pentru fracțiunea III de sol sunt prezentate în tabelele 172 - 181 și în figurile 138 - 147.

**Tabelul 172.** Dependența cantității de mercur extrasă în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S pentru sol de fracțiunea III în cazul extracției cu soluție 0,1M de Na-EDTA

Raport L:S	15 min	30 min	1 h	2 h	5 h
	Cantitatea de mercur extrasă, [mg/1g substanță uscată]				
5 : 1	0,175	0,21	0,28	0,50	0,617
6 : 1	0,363	0,54	0,633	0,714	0,762
7 : 1	1,25	1,69	1,88	1,93	1,99
8 : 1	0,90	1,25	1,42	1,51	1,716
10 :1	0,57	0,83	0,938	1,09	1,155

**Tabelul 173.** Dependența gradului de extracție a mercurului în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S pentru sol de fracțiunea III în cazul extracției cu soluție 0,1M de Na-EDTA

Raport L:S	15 min	30 min	1 h	2 h	5 h
	Gradul de extracție a mercurului [%]				
5 : 1	7,11	8,53	11,38	20,32	27,70
6 : 1	14,75	21,95	25,73	29,02	35,87
7 : 1	50,81	68,69	76,42	78,45	92,26
8 : 1	36,58	50,81	57,72	61,38	67,01
10 :1	34,55	45,12	54,87	59,75	63,69

**74.** Dependența cantității de mercur extrasă în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea III în cazul extracției cu soluție 0,1M de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Raport L:S	15 min	30 min	1 h	2 h	5 h
	Cantitatea de mercur extrasă [mg/1g substanță uscată]				
5 : 1	0,69	0,78	1,11	1,53	1,59
6 : 1	0,77	0,82	1,29	1,66	1,83
7 : 1	0,86	1,05	1,37	1,72	1,87
8 : 1	0,62	0,69	1,08	1,41	1,65
10 :1	0,59	0,65	0,85	1,15	1,38

**Tabelul 175.** Dependența gradului de extracție a mercurului în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea III în cazul extracției cu soluție 0,1M de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

Raport L:S	15 min	30 min	1 h	2 h	5 h
	Gradul de extracție a mercurului, [%]				
5 : 1	27,05	30,75	41,85	49,48	51,28
6 : 1	31,30	33,33	52,43	56,27	59,31
7 : 1	34,95	42,68	55,69	69,91	76,01
8 : 1	25,20	28,04	43,90	49,42	67,07
10 :1	21,98	26,42	34,55	44,10	56,09

**Tabelul 176.** Dependența cantității de mercur extrasă în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea III în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI în mediu neutru (pH = 6,9)

Raport L:S	15 min	30 min	1 h	2 h	5 h
	Cantitatea de mercur extrasă, [mg/1g substanță uscată]				
5 : 1	0,85	1,15	1,25	1,28	1,31
6 : 1	0,99	1,31	1,57	1,6	1,49
7 : 1	1,15	1,50	1,84	1,69	1,59
8 : 1	0,78	1,25	1,49	1,51	1,52
10 :1	0,65	0,96	1,23	1,28	1,21

**Tabelul 177.** Dependența gradului de extracție a mercurului în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea III în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI în mediu neutru (pH = 6,9)

Raport L:S	15 min	30 min	1 h	2 h	5 h
	Gradul de extracție a mercurului, [%]				
5 : 1	34,55	46,74	50,81	52,03	53,25
6 : 1	37,39	51,21	54,87	60,16	61,38
7 : 1	46,74	60,97	74,79	68,69	64,63
8 : 1	31,70	39,43	48,37	51,62	54,87
10 :1	30,48	34,95	39,83	43,90	49,18

**Tabelul 178.** Dependența cantității de mercur extrasă în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea III în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI în mediu acid (pH = 1,5)

Raport L:S	15 min	30 min	1 h	2 h	5 h
	Cantitatea de mercur extrasă, [mg/1g substanță uscată]				
5 : 1	1,09	1,29	1,67	2,30	2,45
6 : 1	1,11	1,25	1,67	2,53	2,48
7 : 1	1,35	1,51	2,29	3,11	3,36
8 : 1	0,81	0,98	1,51	1,95	2,31
10 :1	0,61	0,74	0,99	1,30	1,39

**Tablelul 179.** Dependența gradului de extracție a mercurului în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea III în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI în mediu acid (pH = 1,5)

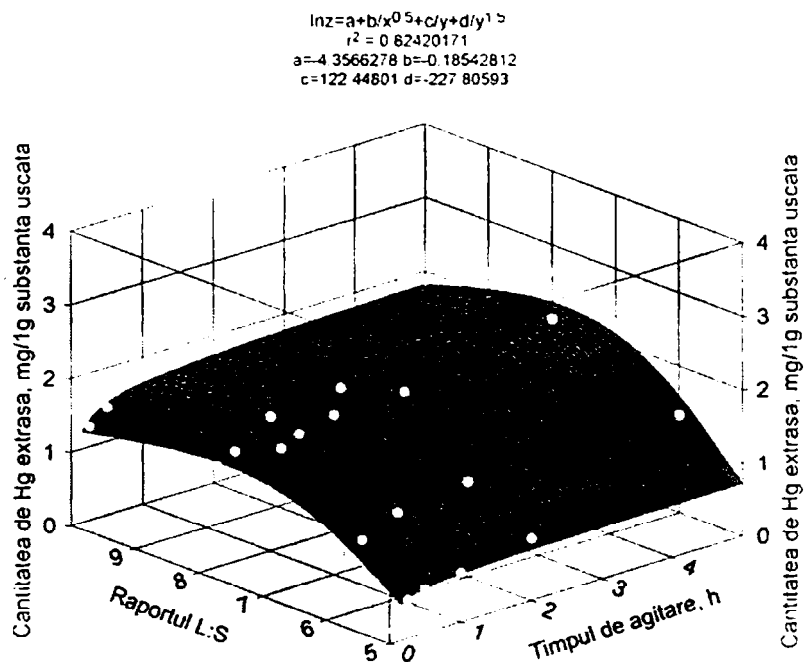
Raport L:S	15 min	30 min	1 h	2 h	5 h
	Gradul de extracție a mercurului, [%]				
5 : 1	28,47	31,93	50,29	41,35	52,47
6 : 1	32,62	35,15	57,39	53,29	53,12
7 : 1	51,62	69,15	79,69	77,49	81,15
8 : 1	26,32	29,15	58,15	44,91	68,21
10 :1	24,75	27,65	47,81	35,69	49,15

**Tablelul 180.** Dependența cantității de mercur extrasă în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea III în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI în mediu bazic (pH = 13)

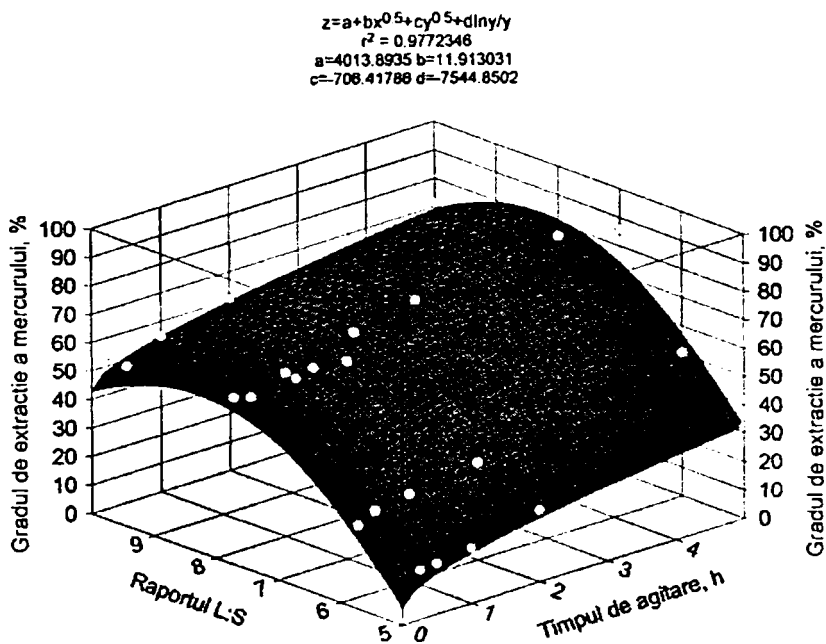
Raport L:S	15 min	30 min	1 h	2 h	5 h
	Cantitatea de mercur extrasă, [mg/1g substanță uscată]				
5 : 1	0,39	0,48	0,69	1,15	1,37
6 : 1	0,62	0,95	1,11	1,24	1,39
7 : 1	1,31	1,78	2,01	2,19	2,31
8 : 1	1,19	1,69	1,87	1,99	2,12
10 :1	0,91	1,29	1,38	1,59	1,75

**Tablelul 181.** Dependența gradului de extracție a mercurului în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea III în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI în mediu acid (pH = 1,5)

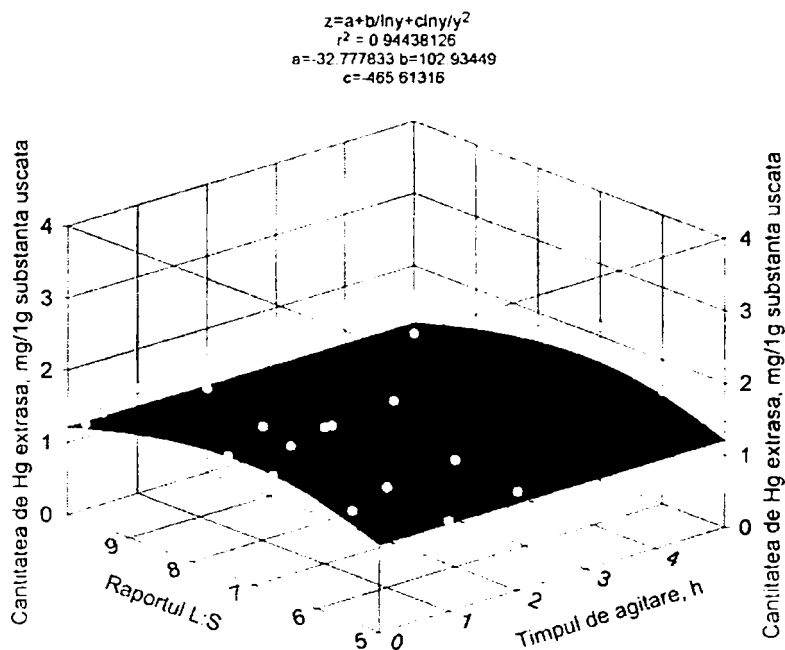
Raport L:S	15 min	30 min	1 h	2 h	5 h
	Gradul de extracție a mercurului [%]				
5 : 1	8,19	9,75	12,35	27,15	29,18
6 : 1	15,67	22,39	26,97	31,05	33,21
7 : 1	37,15	51,75	58,68	62,51	70,15
8 : 1	35,15	46,25	56,09	60,15	67,31
10 :1	28,61	31,65	42,87	54,63	44,32



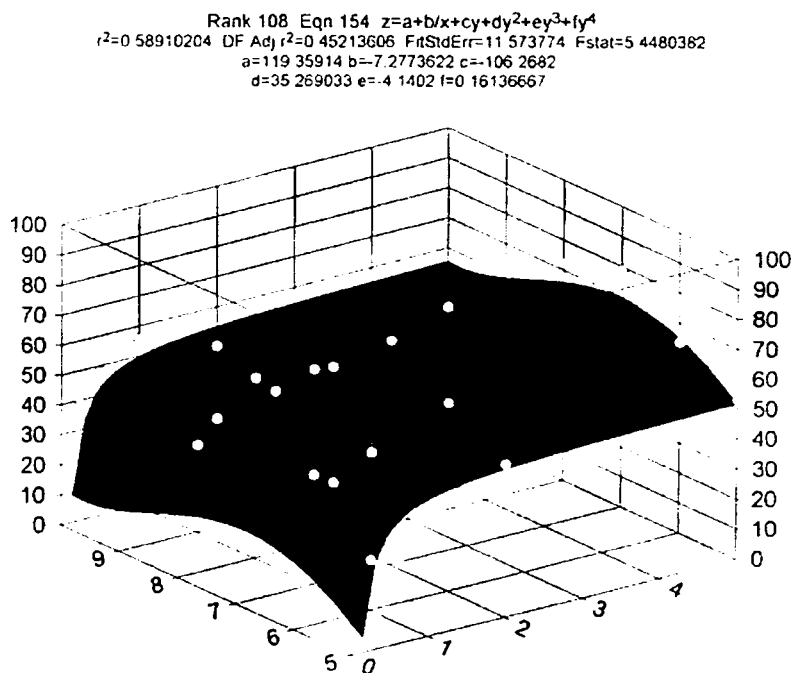
**Figura 138** Dependența cantității de mercur extrasă în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea III în cazul extracției cu soluție 0,1M de Na-EDTA



**Figura 139** Dependența gradului de extracție a mercurului în funcție de timpul de agitare de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea III în cazul extracției cu sol 0,1M de Na-EDTA

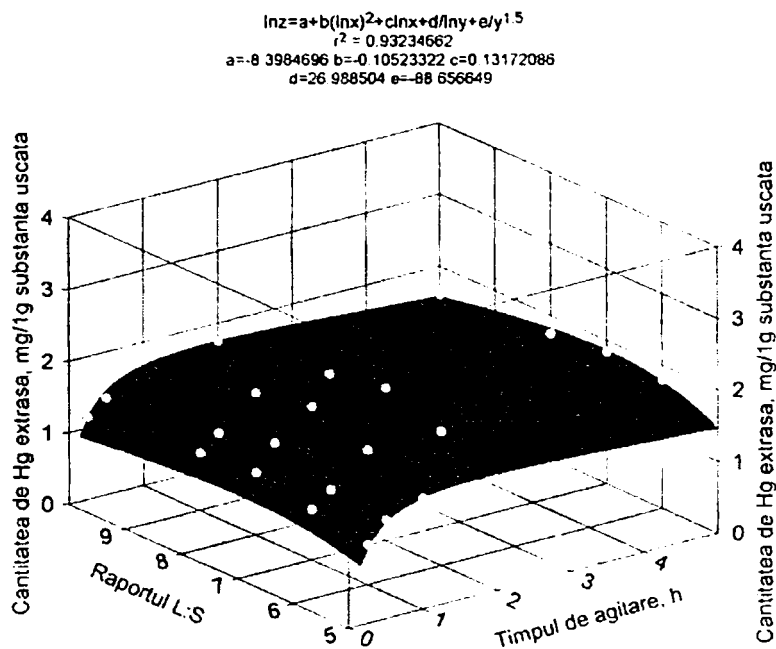


**Figura 140.** Dependența cantității de mercur extrasă în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea III în cazul extracției cu soluție 0,1M de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

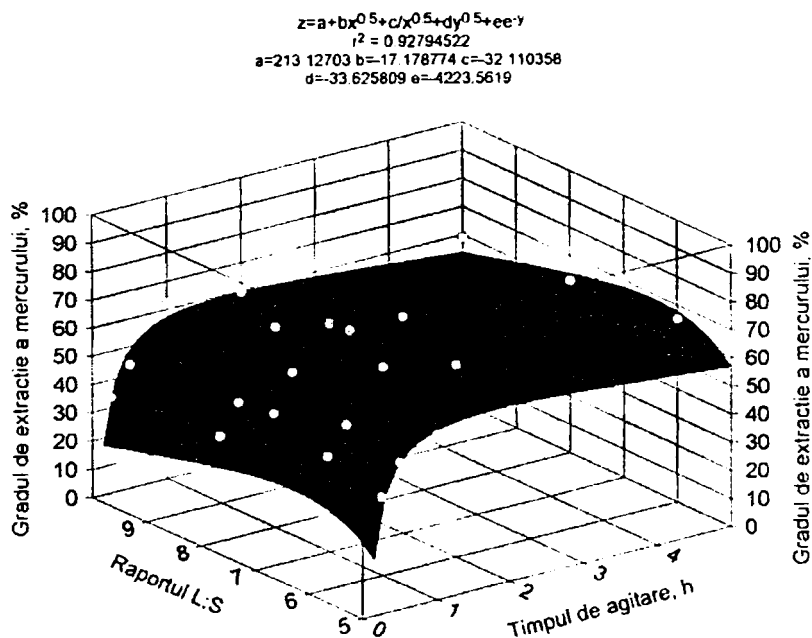


**Figura 141** Dependența gradului de extracție a mercurului în funcție de timpul de agitare de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea III în cazul extracției cu sol 0,1M de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

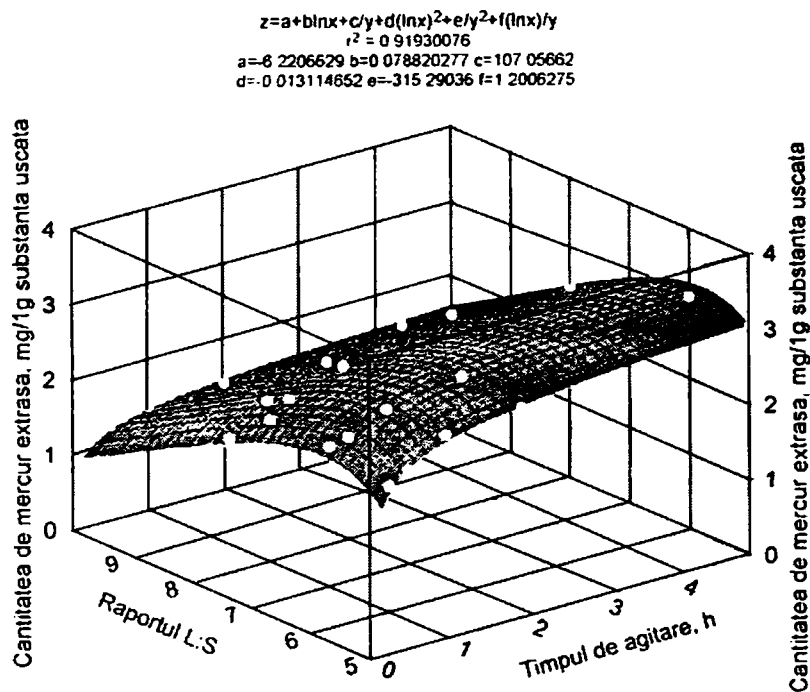




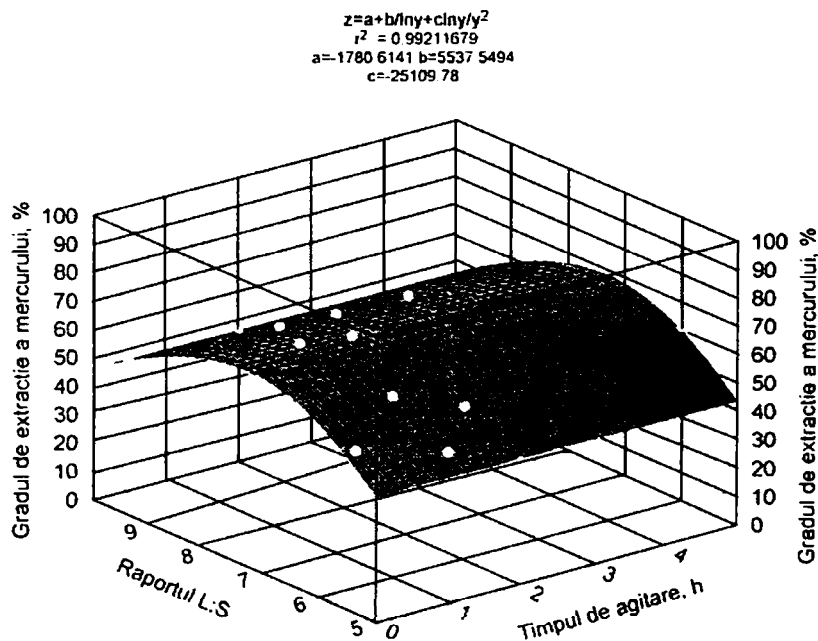
**Figura 142** Dependența cantității de mercur extrasă în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea III în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI la pH = 6,9



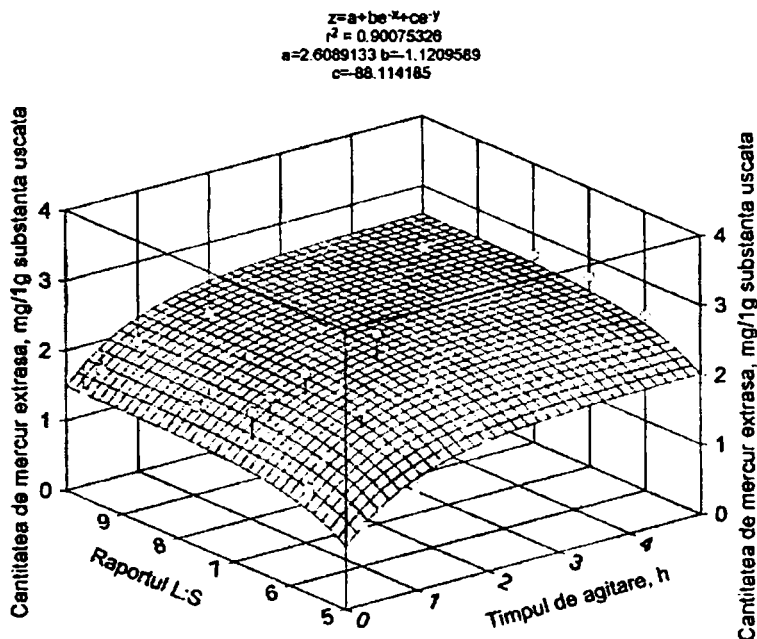
**Figura 143** Dependența gradului de extracție a mercurului în funcție de timpul de agitare de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea III în cazul extracției cu sol 0,1M de KI la pH = 6,9



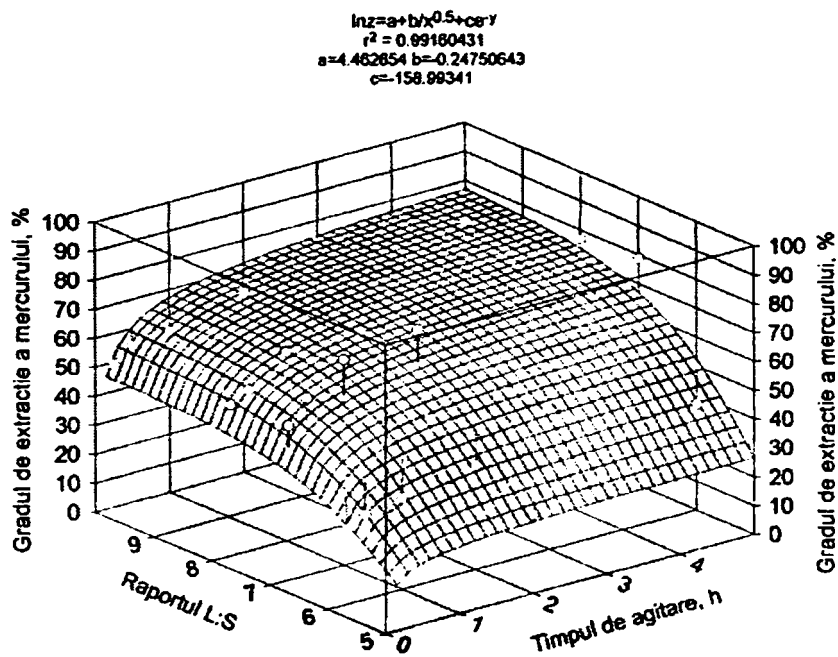
**Figura 144** Dependența cantității de mercur extrasă în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea III în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI la pH = 1,5



**Figura 145** Dependența gradului de extracție a mercurului în funcție de timpul de agitare de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea III în cazul extracției cu sol 0,1M de KI la pH = 1,5



**Figura 146** Dependența cantității de mercur extrasă în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea III în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI la pH = 13



**Figura 147** Dependența gradului de extracție a mercurului în funcție de timpul de agitare și de raportul L:S, pentru sol de fracțiunea III în cazul extracției cu soluție 0,1M de KI la pH = 13

### 3.3. CONCLUZII

Cercetările experimentale efectuate au avut drept scop stabilirea condițiilor optime ale procesului de eliminare a mercurului din sol, respectiv realizarea unui grad maxim de extragere a mercurului (decontaminare optimă), folosind în acest scop soluții de concentrații bine definite de: Na-EDTA,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , KI acidă, KI neutră și KI bazică. Extracția mercurului din sol se bazează pe capacitatea acestor reactivi de a forma combinații complexe.

S-a folosit sol contaminat cu  $\text{HgCl}_2$ . Solul a fost sitat și împărțit în trei fracțiuni: fracțiunea I cu dimensiunea particulelor între  $0,5 \div 0,1$  mm, fracțiunea II cu dimensiunea particulelor între  $1,6 \div 0,5$  mm și fracțiunea III cu dimensiunea particulelor între  $2,0 \div 1,6$  mm. Probele de sol din cele trei fracțiuni au fost mineralizate cu apă regală, iar concentrația inițială a mercurului s-a determinat prin spectrofotometrie de absorbție atomică, utilizând un spectrofotometru VARIAN SpectrAA110.

Ca agenți de extracție ai mercurului s-au folosit soluții de concentrație 0,1M de Na-EDTA,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , KI cu  $\text{pH} = 1,5$ , KI cu  $\text{pH} = 6,9$  și KI cu  $\text{pH} = 13$ .  $\text{pH}$ -ul a fost reglat cu soluții de HCl, respectiv soluții de NaOH de concentrații 0,1M.  $\text{pH}$ -ul a fost măsurat cu un  $\text{pH}$ -metru Denver 250. Probele de sol din fiecare fracțiune au fost tratate cu volume bine determinate de soluție de extracție în raport lichid : solid (L : S) bine definit (5:1, 6:1, 7:1, 8:1 și 10:1). Probele au fost supuse agitării, într-un shaker MTA Kutesz Tip 609/A, la durată determinată (15 min., 30 min., 1h, 2h și 5h). După agitare probele au fost filtrate, iar în soluțiile rezultate s-a determinat concentrația mercurului.

Pentru stabilirea condițiilor optime de îndepărtare a mercurului din sol s-a stabilit dependența concentrației mercurului extras în funcție de raportul L : S, de timpul de agitare, de dimensiunea particulelor de sol și de natura soluțiilor de extracție utilizate.

S-a constatat că extracția mercurului din sol se face cel mai bine la un raport L:S = 7:1 în toate cazurile, deci pentru toate tipurile de soluții folosite. Timpul de agitare optim este de 120 min pentru toate soluțiile folosite cu excepția KI în mediu acid și neutru, unde timpul optim este 60 min. Cea mai bună extracție se face în cazul particulelor din fracțiunea I cu dimensiunea cea mai mică și care au, deci, suprafața cea mai mare. Iar în ceea ce privește tipul de soluție de extracție folosită cea mai bună s-a dovedit a fi soluția de KI în mediu acid.

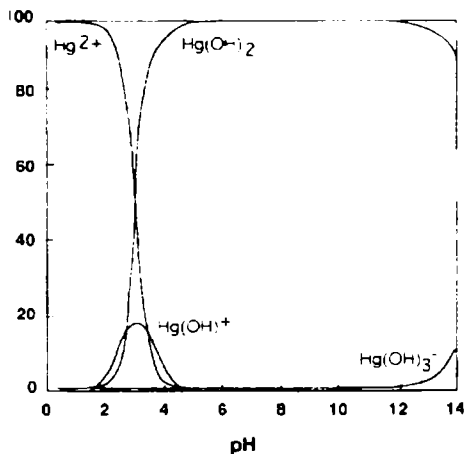
# CAPITOLUL 4

## STUDII PRIVIND PROCESUL DE ELIMINARE A MERCURULUI DIN SOL PRINTR-UN PROCEDEU CONTINUU

### 4.1. INTRODUCERE

Anterior s-a stabilit că mercurul poate fi extras din sol în mediu acid cu ajutorul soluției de KI 0,1M.(pagina 169)

Se cunoaște că mercurul în soluție formează o serie de specii ionice a căror compoziție depinde de pH-ul soluției (figura 148) [205-210]



**Figura 148.** Distribuția speciilor pentru mercur în soluție, funcție de pH

Cercetările au avut drept scop stabilirea condițiilor optime ale procesului continuu de eliminare a mercurului din sol folosind ca agent de extracție soluție de KI 0,1M.

### 4.2. MODUL DE LUCRU

Schema instalației experimentale de laborator este prezentată în figura 149:

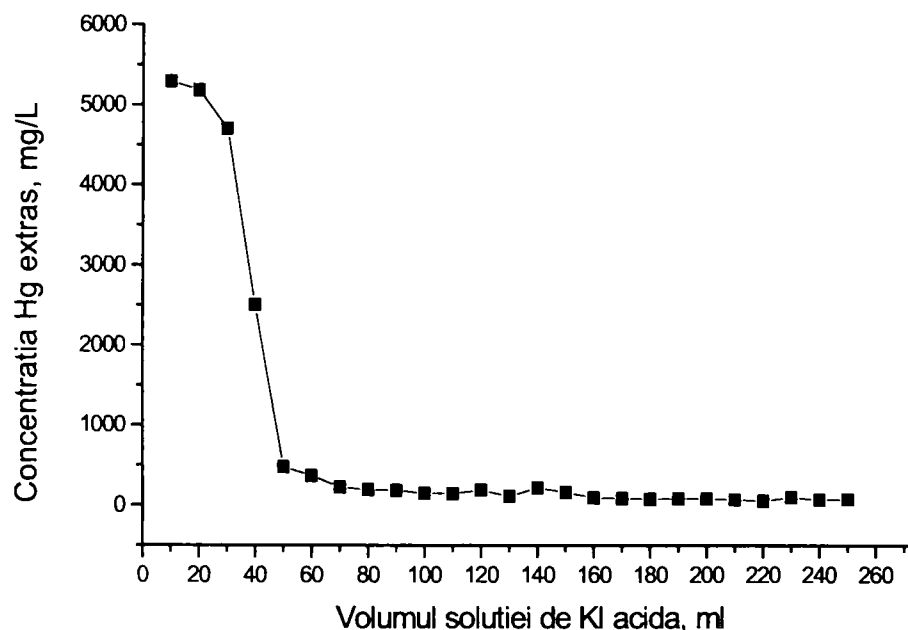


**Figura 149.** Schema instalației experimentale pentru extragerea mercurului din sol

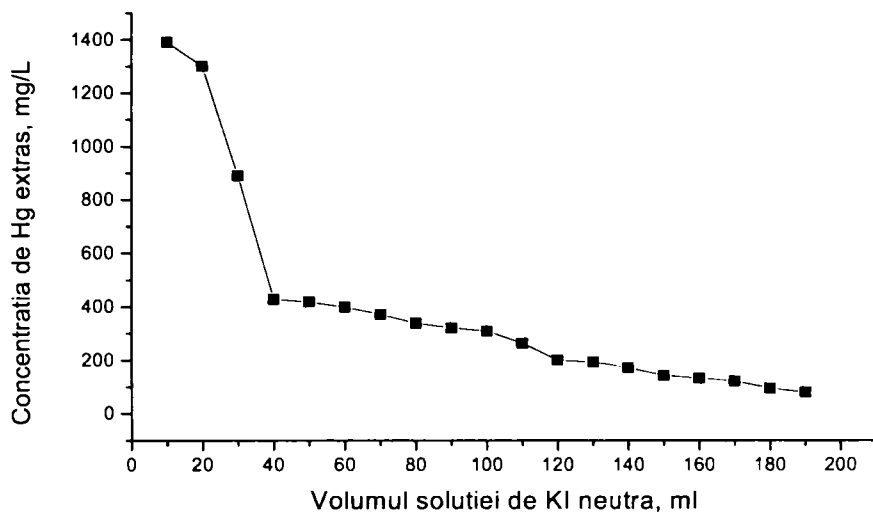
S-a folosit o coloană cu diametrul interior de 2 cm și înălțimea de 30 cm. În coloană s-au introdus 20g de sol contaminat cu mercur (pentru fiecare tip de soluție). Din rezervor s-a trecut peste sol, cu viteză constantă, 1L de soluție de KI 0,1M cu un pH bine definit. Din soluția colectată s-au luat probe din 10 în 10 ml, determinându-se concentrația mercurului extras. Analiza s-a efectuat prin spectrofotometrie de absorbție atomică folosindu-se un spectrofotometru VarianSpectrAA 110.[196-200]

### 4.3. REZULTATE EXPERIMENTALE

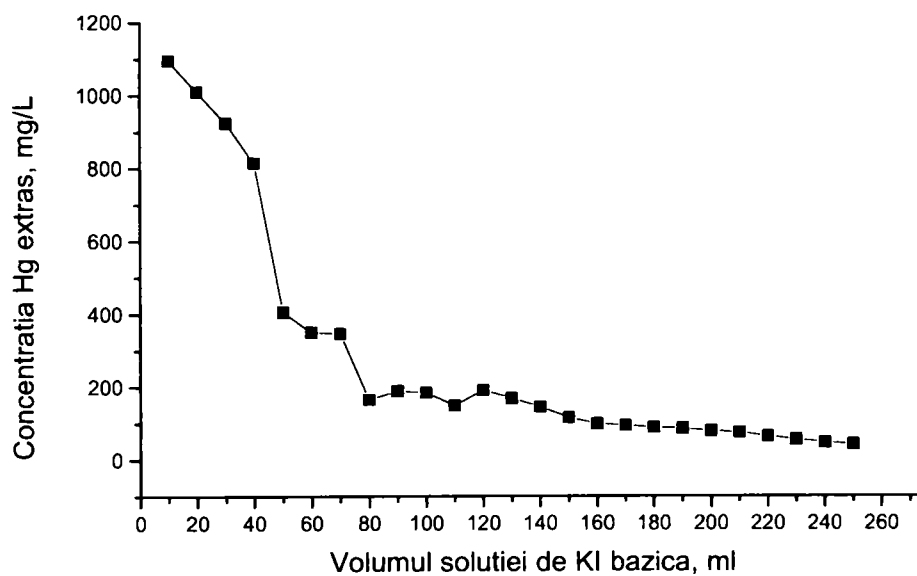
Datele experimentale obținute sunt redate în tabelele 182-184 și figurile 150-152



**Figura 150.** Dependența concentrației de Hg extras în funcție de volumul soluției de KI la pH = 1,5



**Figura 151.** Dependența concentrației de Hg extras în funcție de volumul soluției de KI la pH = 6,9



**Figura 152.** Dependența concentrației de Hg extras în funcție de volumul soluției de KI la pH = 13

**Tabelul 182** Dependența concentrației mercurului extras în funcție de volumul soluției de KI la pH = 1,5

Nr.crt.	Volumul de soluție analizată, ml	Concentrația mercurului în soluție, mg/L
1.	10	5290,0
2	20	5180,0
3	30	4700,0
4	40	2500,0
5	50	478,5
6	60	369,2
7	70	224,4
8	80	191,7
9	90	183,7
10	100	152,2
11	110	145,2
12	120	187,7
13	130	113,2
14	140	216,8
15	150	164,0
16	160	95,2
17	170	87,5
18	180	81,2
19	190	83,5
20	200	82,9
21	210	71,5
22	220	54,9
23	230	100,2
24	240	68,2
25	250	75,3
26	260	78,2
27	270	74,3
28	280	75,1
29	290	63,5
30	300	68,5
31	310	75,1
32	320	63,5
33	330	75,1
34	340	66,3
35	350	73,1
36	360	44,7
37	370	45,9



38	380	51,3
39	390	57,7
40	400	82,9
Tabel 182 continuare		
41	410	67,8
42	420	38,0
43	430	33,7
44	440	41,1
45	450	36,1
46	460	44,7
47	470	36,6
48	480	28,2
49	490	29,3
50	500	37,5
51	510	32,9
52	520	28,8
53	530	26,9
54	540	36,3
55	550	56,6
56	560	42,9
57	570	43,8
58	580	45,4
59	590	32,1
60	600	12,4
61	610	17,0
62	620	11,9
63	630	11,0
64	640	19,7
65	650	19,4
66	660	24,4
67	670	15,1
68	680	10,3
69	690	10,2
70	700	9,8

**Tablelul 183** Dependența concentrației mercurului extras în funcție de volumul soluției de KI la pH = 6,9

Nr.crt.	Volumul de soluție analizată, ml	Concentrația mercurului în soluție, mg/L
1.	10	1390,0
2	20	1300,0
3	30	890,0
4	40	428,0
5	50	418,0
6	60	399,5
7	70	372,0
8	80	339,2
9	90	322,4
10	100	310,0
11	110	264,0
12	120	201,5
13	130	194,8
14	140	172,4
15	150	144,8
16	160	133,4
17	170	123,2
18	180	95,7
19	190	80,3
20	200	85,7
21	210	86,9
22	220	78,1
23	230	74,3
24	240	62,9
25	250	65,9
26	260	60,6
27	270	59,0
28	280	55,9
29	290	49,5
30	300	54,4
31	310	53,9
32	320	52,3
33	330	52,7
34	340	52,1
35	350	50,8
36	360	52,0
37	370	56,5

38	380	57,3
39	390	58,5
40	400	48,0
41	410	39,9
42	420	36,2
43	430	32,4
44	440	30,1
45	450	31,6
46	460	28,7
47	470	26,6
48	480	27,0
49	490	22,8
50	500	21,7
51	510	20,9
52	520	20,1
53	530	19,5
54	540	19,1
55	550	18,6
56	560	17,9
57	570	17,2
58	580	16,5
59	590	15,9
60	600	15,2
61	610	14,9
62	620	14,4
63	630	13,8
64	640	13,1
65	650	12,5
66	660	12,1
67	670	11,9
68	680	11,1
69	690	10,9
70	700	10,7

**Tablelul 184** Dependența concentrației mercurului extras în funcție de volumul soluției de KI la pH = 13

Nr.crt.	Volumul de soluție analizată, ml	Concentrația mercurului în soluție, mg/L
1.	10	1095,0
2	20	1010,0
3	30	925,0
4	40	815,0
5	50	406,8
6	60	350,4
7	70	347,6
8	80	166,0
9	90	189,6
10	100	185,6
11	110	149,2
12	120	192,4
13	130	169,0
14	140	146,2
15	150	116,0
16	160	99,7
17	170	95,3
18	180	89,5
19	190	86,9
20	200	79,4
21	210	75,3
22	220	65,4
23	230	56,0
24	240	48,0
25	250	42,5
26	260	37,9
27	270	34,9
28	280	35,5
29	290	30,6
30	300	21,6
31	310	19,5
32	320	17,3
33	330	15,9
34	340	15,8
35	350	15,9
36	360	14,9
37	370	14,2

38	380	13,8
39	390	14,3
40	400	13,9
41	410	14,8
42	420	24,7
43	430	22,5
44	440	22,2
45	450	21,5
46	460	22,7
47	470	20,9
48	480	19,8
49	490	19,5
50	500	18,6
51	510	18,1
52	520	17,7
53	530	17,4
54	540	16,3
55	550	16,1
56	560	15,8
57	570	14,5
58	580	13,9
59	590	13,7
60	600	12,9
61	610	12,1
62	620	11,8
63	630	11,1
64	640	12,5
65	650	12,8
66	660	11,5
67	670	10,9
68	680	10,7
69	690	10,4
70	700	10,2

#### 4.4. CONCLUZII

Din datele experimentale rezultă că odată cu creșterea volumului de extragere concentrația soluției se micșorează brusc, tinzând către o valoare minimă.

Pentru același volum inițial de soluție, concentrația mercurului depinde de pH-ul soluției.

Cu cât pH-ul soluției este mai scăzut, cu atât concentrația mercurului în soluția inițială este mai mare. Aceasta este în concordanță cu speciile mercurului existente în funcție de pH-ul soluției folosite (figura 148).

Ionul iodură joacă un rol foarte important în extracția mercurului din soluție la  $\text{pH} < 2$  întrucât formează cu mercurul complexul solubil  $\text{HgI}_4^{2-}$ .

Prin urmare procesul de eliminare a mercurului din sol cu soluție acidă de KI reprezintă o posibilitate eficientă de curățire a solului contaminat cu Hg.

# CAPITOLUL 5

## STUDII PRIVIND ELIMINAREA MERCURULUI DIN SOLUȚII APOASE FOLOSIND RĂȘINI SCHIMBĂTOARE DE IONI

Cecetările experimentale au urmărit să stabilească condițiile optime ale procesului de îndepărtare a mercurului din soluții cu ajutorul schimbătorului de ioni [211-219] de tip PUROLITE S920  
Principalele caracteristici ale acestui schimbător sunt redată în tabelul 185

**Tabelul 185** Principalele caracteristici ale rășinii schimbătoare de ioni de tip PUROLITE S920 [220]

Structura polimerului	Stiren-divinilbenzen macroporos
Forma fizică a polimerului	Granule sferice
Grupe funcționale	Tionice
Forma ionică	H <sup>+</sup>
Capacitatea totală	1,6 eq/L min
Umiditate	48 - 54 %
Mărimea granulelor	0,3 - 1,2 mm
Densitatea	700 - 730 g/L
Temperatura max de lucru	60 °C
Domeniul de pH	1 - 9

### 5.1. MODUL DE LUCRU

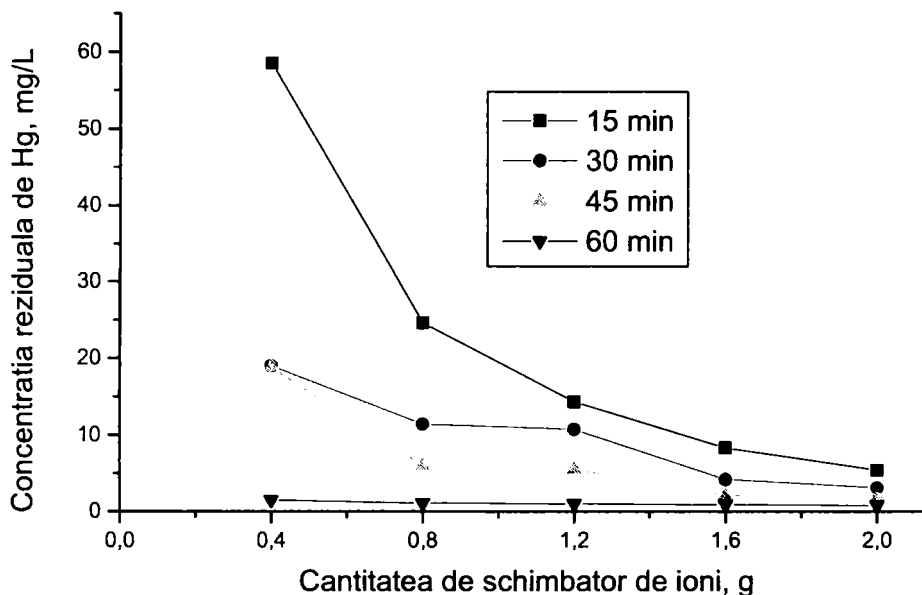
Într-un recipient de laborator s-au introdus 25 ml soluție de mercur de concentrație stabilită, la care s-a adăugat o cantitate anumită de schimbător de ioni. Probele astfel pregătite au fost supuse agitării perioade de timp bine definite într-un shaker MTA Kutesz Tip 609/A. După agitare în soluție s-a determinat concentrația mercurului rezidual prin spectroscopie de absorbție atomică, folosind un spectrofotometru de tip Varian Spectr AA110. [196-200]

### 5.2. REZULTATE EXPERIMENTALE

Datele experimentale privind dependența concentrației reziduale a mercurului în funcție de cantitatea de schimbător de ioni la diferite concentrații inițiale ale soluțiilor și diferiți timpi de agitare sunt redată în tabelele 186-189 și figurile 153-156.

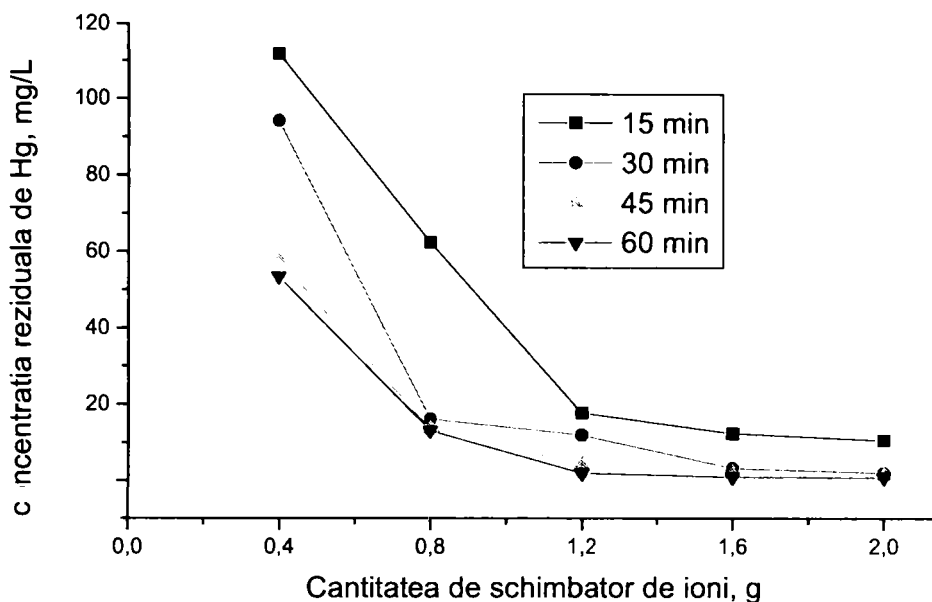
**Tabel 186** Dependența concentrației reziduale de Hg în funcție de cantitatea de schimbător de ioni la diferiți timpi de agitare, în soluție de concentrație inițială 100mgHg/L

Cantitatea de schimbător de ioni, g	Concentrația reziduală a Hg, mg/L			
	15 min	30 min	45 min	60 min
0,4	58,5	19,0	18,8	1,5
0,8	24,6	11,4	6,0	1,1
1,2	14,3	10,7	5,5	1,0
1,6	8,3	4,2	2,1	0,9
2,0	5,4	3,1	1,9	0,8

**Figura 153.** Dependența concentrației reziduale de Hg în funcție de cantitatea de schimbător de ioni la o soluție de concentrație inițială de 100 mgHg/L**Tabel 187** Dependența concentrației reziduale de Hg în funcție de cantitatea de schimbător de ioni la diferiți timpi de agitare, în soluție de concentrație inițială 200mgHg/L

Cantitatea de schimbător de ioni, g	Concentrația reziduală a Hg, mg/L			
	15 min	30 min	45 min	60 min
0,4	111,8	94,3	57,9	53,4
0,8	62,5	16,2	13,6	13,1
1,2	17,8	12,0	4,3	2,0
1,6	12,4	3,3	2,0	1,0
2,0	10,6	2,1	1,5	0,9

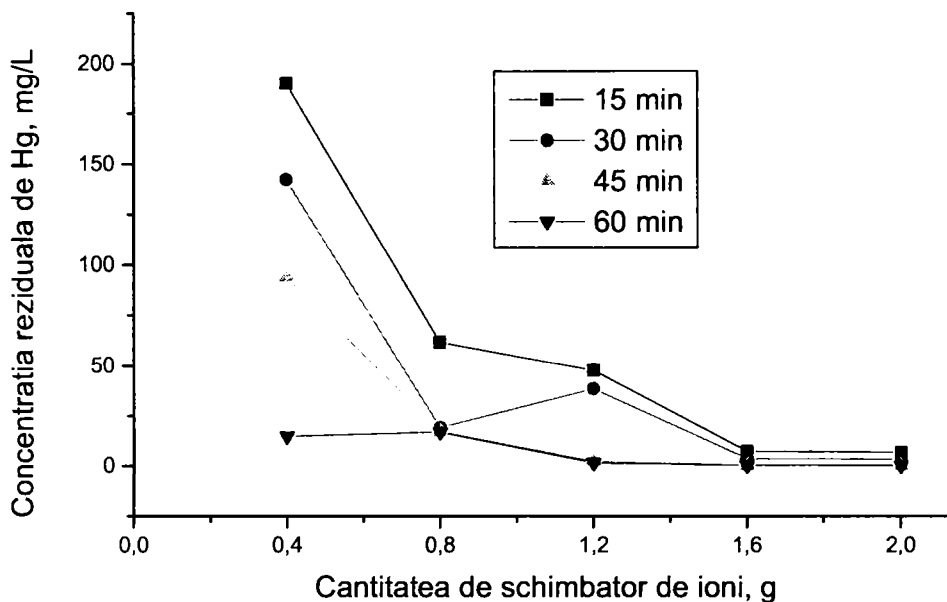




**Figura 154** Dependența concentrației reziduale de Hg în funcție de cantitatea de schimbător de ioni la o soluție de concentrație inițială de 200 mgHg/L

**Tablel 188** Dependența concentrației reziduale de Hg în funcție de cantitatea de schimbător de ioni la diferiți timpi de agitare, în soluție de concentrație inițială 300mgHg/L

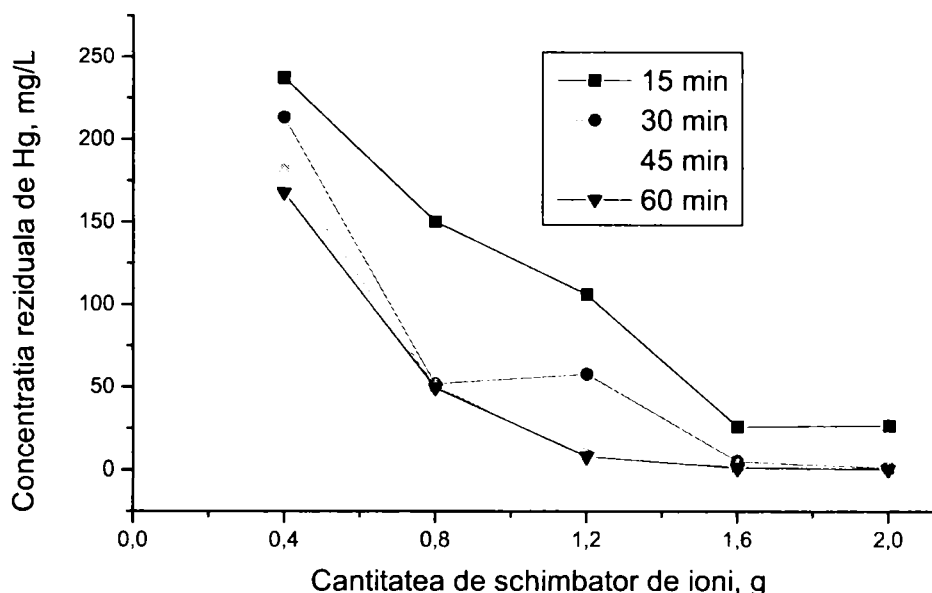
Cantitatea de schimbător de ioni, g	Concentrația reziduală a Hg, mg/L			
	15 min	30 min	45 min	60 min
0,4	190,2	142,6	94,3	14,9
0,8	61,7	19,2	17,2	17,0
1,2	47,8	38,6	2,7	1,7
1,6	7,4	3,7	0,5	0,4
2,0	6,9	3,5	0,5	0,3



**Figura 155.** Variația concentrației reziduale de Hg în funcție de cantitatea de schimbător de ioni la o soluție de concentrație inițială de 300 mgHg/L

**Tabel 189** Dependența concentrației reziduale de Hg în funcție de cantitatea de schimbător de ioni la diferiți timpi de agitare, în soluție de concentrație inițială 500mgHg/L

Cantitatea de schimbător de ioni, g	Concentrația reziduală a Hg, mg/L			
	15 min	30 min	45 min	60 min
0,4	237,5	213,5	183,0	168,0
0,8	150,5	52,0	50,2	49,5
1,2	106,3	58,1	1,6	7,9
1,6	26,1	5,0	1,6	1,3
2,0	26,8	1,4	0,8	0,5



**Figura 156.** Dependenta concentrației reziduale de Hg în funcție de cantitatea de schimbător de ioni la o soluție de concentrație inițială de 500 mgHg/L

### 5.3. CONCLUZII

Din datele experimentale rezultă că, concentrația reziduală a mercurului în soluție scade odată cu mărirea cantității de schimbător de ioni pentru același volum de soluție și același timp de agitare.

La aceeași cantitate de schimbător de ioni concentrația reziduală a mercurului în soluție se micșorează odată cu creșterea timpului de agitare pentru toate concentrațiile soluțiilor inițiale.

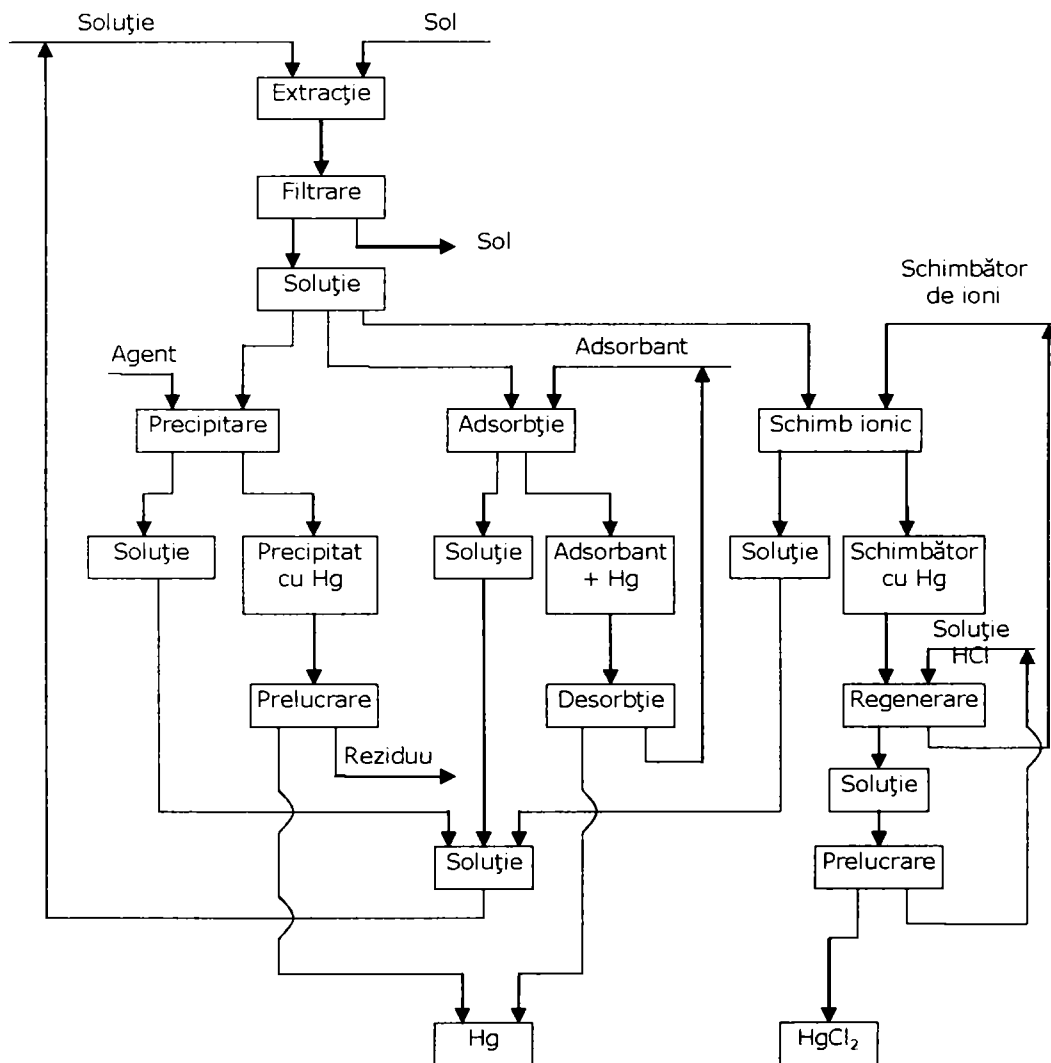
Pe baza datelor experimentale s-au stabilit condițiile optime ale procesului de eliminare a mercurului cu ajutorul schimbătorului de ioni PUROLITE S920. Indiferent de concentrația inițială a mercurului din soluții, condițiile optime pentru realizarea unei concentrații reziduale sub 1 mg/L sunt: cantitate de schimbător de ion 1,6 g/L, timpul de agitare circa 45 min.

Apele reziduale cu un conținut de mercur de aproximativ 1 mg/L pot fi deversate fără a prezenta pericol de poluare a mediului.

# CAPITOLUL 6

## PROCES TEHNOLOGIC

Din rezultatele experimentale obținute pe parcursul activității de cercetare în faza de laborator, s-au selectat date pentru a construi un flux tehnologic universal, care să stea la baza unui proces tehnologic, pentru decontaminarea solurilor impurificate cu mercur. Schema tehnologică este prezentată în figura 157:



**Figura 157** Schema tehnologică pentru decontaminarea solurilor contaminate cu compuși ai mercurului

Procesul tehnologic se caracterizează prin mai multe faze. În prima fază solul contaminat se supune procesului de *extracție* a mercurului cu soluția agentului de extracție. Masa rezultată se supune procesului de *filtrare* când se separă solul decontaminat și rezultă o soluție ce conține mercurul extras.

Această soluție se poate prelucra prin procedee de precipitare, adsorbție sau schimb ionic.

În cazul procedeeului de prelucrare prin *precipitare* a soluției rezultate în urma extracției mercurului din solul contaminat principalul agent de precipitare folosit este ionul sulfură cu care mercurul formează un precipitat stabil.

În cazul procedeeului de prelucrare prin *adsorbție* a soluției rezultate în urma extracției mercurului din solul contaminat se pot folosi duverși agenți adsorbanti. Un exemplu ar fi silicagelul cu grupe funcționale (amine, hidroxizi, dioli). Se sintetizează noi faze de silicagel care încorporează, prin intermediul grupelor funcționale; caracteristicile selective ale acestora, utilizate ulterior la separarea mercurului. Rezultatele relevă o afinitate mare a derivaților ditioacetați imobilizați în silicagel pentru a adsorbi sărurile mercurice în prezența altor ioni.

În urma procedeeului de prelucrare prin precipitare și adsorbție a soluției rezultate în urma extracției mercurului din solul contaminat rezultă ca produs finit mercur.

În cazul procedeeului de prelucrare prin *schimb ionic* a soluției rezultate în urma extracției mercurului din solul contaminat, în cadrul acestei lucrări s-a arătat că se poate folosi un schimbător de tip PUROLITE S920. În urma schimbului ionic se obțin soluții cu un conținut sub 1 mg/l de mercur, care nu prezintă pericol de poluare

În faza finală ca produs finit în cazul precipitării și adsorbției rezultă mercurul, iar în cazul procedeeului cu schimb ionic rezultă ca produs final  $\text{HgCl}_2$ .

Procesul de decontaminare propus este nepoluant și asigură o protecție a mediului înconjurător în scopul păstrării echilibrului ecologic.

Avantaje:

- procesul tehnologic propus poate fi utilizat pentru:
  - diferite sortimente de sol, privind granulația: în intervalul 0,5-2,0mm, dar intervalul ar putea fi extins.
  - diferite concentrații de mercur .
- procesul tehnologic propus, pentru decontaminarea solurilor impurificate cu mercur, aflat în forma de  $\text{HgCl}_2$ , poate fi extins cu un minim efort la alte cazuri în care mercurul se găsește în alte combinații chimice .
- procesul tehnologic oferă mai multe variante de prelucrare a soluției rezultate în urma extracției și oferă astfel posibilitatea alegerii variantei optime în funcție de produsul final dorit sau în funcție de posibilitățile de prelucrare existente.

# CAPITOLUL 7

## CONCLUZII FINALE

Unul dintre factorii poluanți ai mediului îl constituie mercurul. Acesta poate fi toxic, atât sub formă elementară, cât și sub forma combinațiilor anorganice și mai ales organice. Combinațiile anorganice se elimină din organism, afectând însă unele organe interne cum sunt ficatul și rinichii, dar compușii organici ai mercurului nu se elimină. Ei se acumulează în organism, iar efectul lor cumulativ devine evident după câțiva ani. De aceea se fac studii asupra mecanismelor de acțiune a mercurului. Este importantă stabilirea unor procedee de depoluare a mediului deoarece s-a constatat o tot mai mare acumulare a compușilor cu mercur, care reprezintă un real factor de risc.

În această lucrare se stabilesc condițiile optime de extracție a compușilor cu mercur dintr-un sol contaminat folosind diverși reactivi, printr-un procedeu discontinuu și printr-un procedeu continuu. Soluțiile rezultate la extracția mercurului au fost purificate.

S-a recoltat sol de tip cernoziom cambic din orașul Timișoara. Acesta a fost contaminat în laborator cu cantități variabile de mercur sub forma de  $\text{HgCl}_2$  ținând cont de ordinul de mărime al concentrațiilor de sol contaminat aflat în zone poluate cu mercur cum ar fi zona Râmnicu-Vâlcea.

În cazul *procedului discontinuu* cercetările experimentale efectuate au avut drept scop stabilirea condițiilor optime ale procesului de eliminare a mercurului din sol. În acest scop s-a stabilit dependența concentrației mercurului extras și a gradului de extracție, în funcție de:

- dimensiunea particulelor de sol;
- natura soluțiilor de extracție utilizate;
- timpul de agitare;
- raportul L : S

#### ↓ Dimensiunea particulelor de sol

Solul contaminat cu mercur a fost împărțit în trei fracțiuni cu dimensiunea particulelor între 0,5 și 2,0 mm (Tabelul 1 pagina 35). S-a constatat că gradul cel mai mare de extracție a mercurului are loc la fracțiunea de sol cu dimensiunea particulelor cea mai mică, unde suprafața specifică este mare.

#### ↓ Natura soluțiilor de extracție utilizate

Pentru extracția mercurului din sol s-au folosit soluții 0,1M de Na-EDTA,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , KI acidă, KI neutră și KI bazică. S-a constatat că gradul cel mai mare de extracție se obține pentru soluția de KI în mediu acid. Cu cât pH-ul soluției este mai scăzut, cu atât concentrația mercurului extras este mai mare. Aceasta este în concordanță cu speciile mercurului existente în funcție de pH-ul soluției folosite (figura 148). Ionul iodură joacă un rol foarte important în extracția mercurului din soluție la  $\text{pH} < 2$  întrucât formează cu mercurul complexul solubil  $\text{HgI}_4^{2-}$ .

#### ↓ Timpul de agitare

Probele de sol împreună cu soluția de extracție au fost supuse agitării la durată determinată (15 min, 30 min, 1h, 2h și 5h).

■ Soluția de Na-EDTA:

- la raportul  $L : S = 5 : 1$ , până la un timp de agitare de 120 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 120 min.

- la raportul  $L : S = 6 : 1$ , până la un timp de agitare de 120 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 120 min. În cazul fracțiunilor I și II pentru un timp de agitare de 60 min și 120 min valorile pentru concentrația mercurului extras sunt comparabile, dar corelând cu valorile corespunzătoare ale gradului de extracție se observă o diferență netă, în sensul că un grad mai bun de extracție se obține pentru fracțiunea I de sol.

- la raportul  $L : S = 7 : 1$ , până la un timp de agitare de 120 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 120 min. Se poate observa că în cazul acestui raport  $L : S$  gradul de extracție al mercurului se apropie de 90% pentru toate cele trei fracțiuni de sol la timpul de agitare de 120 min.. Și aici la fracțiunea I de sol gradul de extracție este mai mare, dar nu mai există diferențe așa de mari între cele trei fracțiuni.

- la raportul  $L : S = 8 : 1$ , până la un timp de agitare de 120 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 120 min. Se observă că în cazul acestui raport  $L : S$  gradul de extracție pentru fracțiunile II și III are valori comparabile, neexistând diferențe semnificative. De asemenea se observă că față de raportul  $L : S = 7 : 1$ , valorile gradului de extracție scad.

- la raportul  $L : S = 10 : 1$ , până la un timp de agitare de 120 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 120 min. Se observă că și în cazul acestui raport  $L : S$ , gradul de extracție pentru fracțiunile II și III are valori comparabile, neexistând diferențe semnificative. De asemenea se observă că față de raportul  $L : S = 7 : 1$ , valorile gradului de extracție scad.

#### ■ Soluția de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ :

- la raportul  $L : S = 5 : 1$ , până la un timp de agitare de 120 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 120 min.

- la raportul  $L : S = 6 : 1$ , până la un timp de agitare de 120 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 120 min. De asemenea se observă în cazul fracțiunii III de sol un salt în creșterea gradului de extracție al mercurului la un timp de agitare de 60 min.

- la raportul  $L : S = 7 : 1$ , până la un timp de agitare de 120 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 120 min. În cazul fracțiunii III de sol se observă o creșterea ceva mai mare a gradului de extracție la 300 min. Se poate

observa că în cazul acestui raport L : S gradul de extracție al mercurului se apropie de 100% pentru fracțiunea I de sol, iar în cazul celorlaltor două fracțiuni crește față de rapoartele analizate anterior.

- la raportul L : S = 8 : 1, până la un timp de agitare de 120 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 120 min. În cazul acestui raport de amestecare L:S se observă diferențe mari între valorile gradului de extracție pentru fracțiunea I de sol față de gradul de extracție în cazul fracțiunilor II și III, în sensul că pentru fracțiunea I de sol gradul de extracție este mult mai mare.

- la raportul L : S = 10 : 1, până la un timp de agitare de 120 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 120 min. Și în cazul acestui raport de amestecare L:S se observă diferențe mari între valorile gradului de extracție pentru fracțiunea I de sol față de gradul de extracție în cazul fracțiunilor II și III, în sensul că pentru fracțiunea I de sol gradul de extracție este mult mai mare. De asemenea se observă că gradul de extracție pentru fracțiunile II și III are valori comparabile la timp de agitare de 120 min și 300 min

#### ■ Soluția de KI în mediu acid:

- la raportul L : S = 5 : 1, până la un timp de agitare de 60 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 60 min.

- la raportul L : S = 6 : 1, până la un timp de agitare de 60 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 60 min. În cazul fracțiunii III de sol se observă o creștere bruscă a gradului de extracție la timpul de agitare de 60 min.

- la raportul L : S = 7 : 1, până la un timp de agitare de 60 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție până la o valoare semnificativă (98,85%), după care creșterea este nesemnificativă. Deci, se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 60 min. Se remarcă un grad de extracție mare pentru toate cele trei fracțiuni de sol.

- la raportul L : S = 8 : 1, până la un timp de agitare de 60 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție până la o valoare după care creșterea este nesemnificativă. Deci, se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 60 min. Se remarcă un grad de extracție mare pentru fracțiunea I de sol comparativ cu fracțiunile II și III.

- la raportul L : S = 10 : 1, până la un timp de agitare de 60 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție până la o valoare după care creșterea este nesemnificativă. Deci, se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 60 min. Se remarcă un grad de extracție mare pentru fracțiunea I de sol comparativ cu fracțiunile II și III, iar acestea din urmă au valori comparabile în cazul gradului de extracție.

#### ■ Soluția de KI în mediu neutru:

- la raportul L : S = 5 : 1, până la un timp de agitare de 60 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care



creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 60 min.

- la raportul  $L : S = 6 : 1$ , până la un timp de agitare de 60 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care gradul de extracție scade și apoi se menține relativ constant. În cazul fracțiunii III nu are loc o scădere a gradului de extracție după timpul de agitare de 60 min, dar creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 60 min.

- la raportul  $L : S = 7 : 1$ , până la un timp de agitare de 60 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care gradul de extracție scade și apoi se menține relativ constant. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 60 min. Se observă că în cazul acestui raport  $L:S$  se obține un grad de extracție foarte bun (95,87%) pentru fracțiunea I de sol.

- la raportul  $L : S = 8 : 1$ , până la un timp de agitare de 60 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care gradul de extracție scade și apoi se menține relativ constant. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 60 min. Se observă valori destul de apropiate ale gradului de extracție pentru fracțiunile I și II, dar mult mai mici pentru fracțiunea III.

- la raportul  $L : S = 10 : 1$ , până la un timp de agitare de 60 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care gradul de extracție scade ușor și apoi se menține relativ constant. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 60 min. Se observă valori foarte apropiate ale gradului de extracție pentru fracțiunile I și II, dar mult mai mici pentru fracțiunea III.

■ Soluția de KI în mediu bazic:

- la raportul  $L : S = 5 : 1$ , până la un timp de agitare de 120 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 120 min.

- la raportul  $L : S = 6 : 1$ , până la un timp de agitare de 120 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 120 min. De asemenea se observă pentru fracțiunea I de sol un grad mai mare de extracție decât pentru fracțiunile II și III.

- la raportul  $L : S = 7 : 1$ , până la un timp de agitare de 120 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 120 min.

- la raportul  $L : S = 8 : 1$ , până la un timp de agitare de 120 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 120 min. Se observă valori practic identice ale gradului de extracție pentru fracțiunile II și III la un timp de agitare de 60 min

- la raportul  $L : S = 10 : 1$ , până la un timp de agitare de 120 min crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care creșterea este nesemnificativă. Deci se poate concluziona că timpul optim de agitare este de 120 min. Se observă valori foarte apropiate ale gradului de extracție pentru fracțiunile II și III.

↓ Raportul L : S

■ Soluția de Na-EDTA:

- la un timp de agitare de 15 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S optim în acest caz este 7:1.

- la un timp de agitare de 30 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S optim în acest caz este 7:1. Creșterea timpului de agitare de la 15 min la 30 min nu a dus la o creștere semnificativă a gradului de extracție, de aceea se va mări intervalul de creștere al timpului de agitare de la 15 min la 30 min

- la un timp de agitare de 60 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S optim și în acest caz este 7:1. Creșterea timpului de agitare de la 30 min la 60 min nu a dus la o creștere semnificativă a gradului de extracție, deci mărirea intervalului de creștere a timpului de agitare cu 30 de min nu a fost suficientă, de aceea se va mări intervalul de creștere al timpului de agitare de la 30 min la 60 min

- la un timp de agitare de 120 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S optim și în acest caz este 7:1. Creșterea timpului de agitare de la 60 min la 120 min a dus la o creștere semnificativă a gradului de extracție. (până la 88,91%). Pentru a vedea dacă gradul de extracție crește semnificativ la o creștere a timpului de agitare la 300 min s-au continuat determinările.

- la un timp de agitare de 300 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S optim și în acest caz este 7:1. Mărirea timpului de agitare la 300 min nu a dus la o creștere semnificativă a gradului de extracție față de valoarea obținută la un timp de agitare de 120 min. Creșterea de 3,35% (92,26 - 88,91 = 3,35 %) nu justifică mărirea timpului de agitare la 5 ore.

■ Soluția de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:

- la un timp de agitare de 15 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S optim în acest caz este 7:1. De asemenea se observă o mare diferență în gradul de extracție pentru fracțiunea I față de fracțiunea III la raportul L:S = 7:1.

- la un timp de agitare de 30 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care

ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S optim în acest caz este 7:1. Se observă o scădere mai bruscă a gradului de extracție a mercurului în cazul fracțiunilor II și III de sol.

- la un timp de agitare de 60 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Cea mai eficientă extracție este în cazul fracțiunii I de sol unde gradul de extracție ajunge la 90%. În cazul fracțiunilor II și III gradul de extracție este mai mic

- la un timp de agitare de 120 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Cea mai eficientă extracție este în cazul fracțiunii I de sol unde gradul de extracție ajunge la 98%. În cazul fracțiunilor II și III gradul de extracție este mai mic și scade foarte mult spre raportul L:S = 10 : 1

- la un timp de agitare de 300 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Se observă o creștere mai mare la fracțiunea I, dar și la celelalte fracțiuni după care scade la valori mici.

■ Soluția de KI în mediu acid:

- la un timp de agitare de 15 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S optim în acest caz este 7:1.

- la un timp de agitare de 30 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S optim în acest caz este 7:1. În cazul fracțiunilor II și III se observă o scădere bruscă a gradului de extracție după raportul L:S = 7:1

- la un timp de agitare de 60 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Gradul de extracție este mare (98,85%) în cazul fracțiunii I de sol. Și în cazul fracțiunilor II și III gradul de extracție are valori semnificative, dar scade foarte mult după acest raport L:S.

- că la un timp de agitare de 120 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Gradul de extracție este mare în cazul fracțiunii I de sol și nu variază foarte mult nici la celelalte rapoarte L:S care urmează. Și în cazul fracțiunilor II și III gradul de extracție are valori semnificative, dar scade foarte mult după acest raport L:S.

- la un timp de agitare de 300 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Gradul de extracție nu variază foarte mult la cele trei fracțiuni până la raportul L:S = 7:!, după care diferențele apar, în sensul că

avem un grad de extracție mai mare la fracțiunea I față de celelalte două fracțiuni de sol.

■ Soluția de KI în mediu neutru:

- la un timp de agitare de 15 min până la un raport  $L : S = 7 : 1$  crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului  $L : S$ . Deci se poate concluziona că raportul  $L : S$  optim în acest caz este 7:1.

- la un timp de agitare de 30 min până la un raport  $L : S = 7 : 1$  crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului  $L : S$ . Deci se poate concluziona că raportul  $L : S$  optim în acest caz este 7:1. Creșterea timpului de agitare de la 15 min la 30 min nu a dus la o creștere semnificativă a gradului de extracție, de aceea se va mări intervalul de creștere al timpului de agitare de la 15 min la 30 min

- la un timp de agitare de 60 min până la un raport  $L : S = 7 : 1$  crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului  $L : S$ . Deci se poate concluziona că raportul  $L : S$  optim și în acest caz este 7:1. Creșterea timpului de agitare de la 30 min la 60 min a dus la o creștere semnificativă a gradului de extracție. (până la 95,87%). S-au continuat determinările cu o creștere a timpului de agitare cu 60min pentru a vedea dacă mai are loc o mărire semnificativă a gradului de extracție.

- la un timp de agitare de 120 min până la un raport  $L : S = 7 : 1$  crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului  $L : S$ . Deci se poate concluziona că raportul  $L : S$  optim și în acest caz este 7:1. Creșterea timpului de agitare la 120 min nu a dus la o creștere a gradului de extracție față de timpul de agitare precedent, de 60 min, (89,94% la 120min față de 95,87% la 60min).

- la un timp de agitare de 300 min până la un raport  $L : S = 7 : 1$  crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului  $L : S$ . Deci se poate concluziona că raportul  $L : S$  optim și în acest caz este 7:1. Creșterea timpului de agitare la 300 min nu a dus la o creștere a gradului de extracție față de timpul de agitare precedent, de 120 min, (87,88% la 300min față de 89,94% la 120min). Se observă că cel mai grad de extracție este la un timp de agitare de 60 min (95,87%) după care gradul de extracție al mercurului scade.

■ Soluția de KI în mediu bazic:

- la un timp de agitare de 15 min până la un raport  $L : S = 7 : 1$  crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului  $L : S$ . Deci se poate concluziona că raportul  $L : S$  optim în acest caz este 7:1.

- la un timp de agitare de 30 min până la un raport  $L : S = 7 : 1$  crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de

diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S optim în acest caz este 7:1. Se observă o variație simetrică a gradului de extracție pentru cele trei fracțiuni de sol.

- la un timp de agitare de 60 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S optim în acest caz este 7:1.

- la un timp de agitare de 120 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S optim în acest caz este 7:1. Se observă o creștere bruscă a gradului de extracție la raportul L:S = 7:1 pentru toate cele trei fracțiuni de sol.

- la un timp de agitare de 300 min până la un raport L : S = 7 : 1 crește concentrația mercurului extras și gradul de extracție, după care ambele scad. Această scădere poate avea loc datorită creșterii gradului de diluție al amestecului L : S. Deci se poate concluziona că raportul L : S optim în acest caz este 7:1. Se observă o creștere bruscă a gradului de extracție la raportul L:S = 7:1 pentru toate cele trei fracțiuni de sol. Se observă un salt mare la gradul de extracție al mercurului de la raportul L:S = 6:1 la raportul L:S = 7:1.

Se poate concluziona că:

- în cazul soluțiilor de Na-EDTA,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , KI bazică
  - o raportul lichid:solid optim este 7:1
  - o timpul de agitare optim este 120 min
- în cazul soluțiilor de KI acidă și neutră
  - o raportul lichid:solid optim este 7:1
  - o timpul de agitare optim este 60 min

Condițiile optime ale procesului de eliminare a mercurului din sol în cazul procedurii discontinuu sunt:

- dimensiunea particulelor între 0,5 și 0,1 mm
- soluție de KI acidă
- raport lichid:solid = 7 : 1
- timp de agitare 60 min

În cazul *procesului continuu* din datele experimentale rezultă că pe măsură ce volumul soluției de extracție trecut prin coloană crește, concentrația în mercur a soluției extrase (analizată pe fracțiuni de 10ml) scade în general. În intervalul 10-50 ml (adică după analizarea a 5 fracțiuni de câte 10 ml de soluție extrasă), concentrația mercurului scade brusc în intervalul 5000- 500mg/l, după care, în intervalul următor, până la epuizarea întregului volum de soluție de extracție, valorile experimentale ale concentrațiilor mercurului în fracțiunile de soluție extrasă se situează în jurul unei valori medii de 80 mg/l.

Pentru același volum inițial de soluție, concentrația mercurului depinde de pH-ul soluției.

Cu cât pH-ul soluției este mai scăzut, cu atât concentrația mercurului în soluția inițială este mai mare. Aceasta este în concordanță cu speciile mercurului existente în funcție de pH-ul soluției folosite (figura 148).

În final apele rezultate de la decontaminarea solului au fost purificate cu ajutorul *schimbătorului de ioni*.

Din datele experimentale rezultă că, concentrația reziduală a mercurului în soluții scade odată cu mărirea cantității de schimbător de ioni pentru același volum de soluție și același timp de agitare.

La aceeași cantitate de schimbător de ioni concentrația reziduală a mercurului în soluție se micșorează odată cu creșterea timpului de agitare pentru toate concentrațiile soluțiilor inițiale.

Pe baza datelor experimentale s-au stabilit condițiile optime ale procesului de eliminare a mercurului cu ajutorul schimbătorului de ioni PUROLITE S920. Indiferent de concentrația inițială a mercurului din soluții, condițiile optime pentru realizarea unei concentrații reziduale sub 1 mg/l sunt:

- cantitate de schimbător de ion 1,6 g/l;
- timpul de agitare circa 45 min.

Apele reziduale cu un conținut de mercur de aproximativ 1 mg/l pot fi deversate fără a prezenta pericol de poluare a mediului.

Datele experimentale s-au prelucrat prin metode numerice utilizând programele Origin și Table Curve 3D.

Pe baza datelor experimentale s-a propus *schema tehnologică* a unui proces nepoluant care asigură, pe de o parte, depoluarea solului contaminat cu compuși ai mercurului, iar pe de altă parte, purificarea soluțiilor rezultate în urma extracției mercurului din sol astfel încât să se asigure protecția mediului în scopul păstrării echilibrului ecologic.

Avantajele lui sunt:

- procesul tehnologic propus poate fi utilizat pentru:
  - diferite sortimente de sol, privind granulația: în intervalul 0,5-2,0mm, dar intervalul ar putea fi extins.
  - diferite concentrații de mercur .
- procesul tehnologic propus, pentru decontaminarea solurilor impurificate cu mercur, aflat în forma de  $HgCl_2$ , poate fi extins cu un minim efort la alte cazuri în care mercurul se găsește în alte combinații chimice .
- procesul tehnologic oferă mai multe variante de prelucrare a soluției rezultate în urma extracției și oferă astfel posibilitatea alegerii variantei optime în funcție de produsul final dorit sau în funcție de posibilitățile de prelucrare existente.

Procesul tehnologic oferă și *perspective*:

- extinderea fluxului la alte domenii de concentrații ale poluantului
- granulații diferite ale solului
- folosirea lui la alte tipuri de metale grele
- utilizarea unor tehnici neconvenționale, de exemplu ultrasunetele.

Contribuțiile originale teoretice și practice sunt:

- stabilirea cadrului teoretic de desfășurare a reacțiilor chimice specifice proceselor de depoluare experimentale;
- studiul speciației mercurului în funcție de pH;
- stabilirea condițiilor optime în cazul folosirii unor soluții pentru extracția mercurului din sol folosind un procedeu discontinuu și continuu;

- stabilirea condițiilor optime în cazul folosirii unor schimbători de ioni pentru depoluarea unor soluții care conțin clorură de mercur;
- prelucrarea și interpretarea rezultatelor experimentale, prin corelarea variabilelor cu efectele acestora asupra evoluției proceselor de depoluare și asupra gradului de extracție a poluantului studiat;
- într-o primă fază s-au studiat dependențele între doi parametri cum sunt de exemplu gradul de extracție a mercurului în funcție de timpul de agitare sau în funcție de raportul lichid : solid;
- în final, analiza interdependenței complexe a parametrilor experimentali s-a realizat prin metode numerice, care permit corelarea a mai mult de doi parametri;
- elaborarea și propunerea unui proces tehnologic pentru depoluarea solurilor contaminate cu mercur.

Prin tema abordată, lucrarea se înscrie în frontul acțiunilor din ce în ce mai largi privind protejarea și conservarea mediului. Rezultatele obținute pot contribui la completarea și extinderea avantajoasă a considerațiilor teoretice și a datelor experimentale referitoare la unul dintre factorii poluatori de extensiune globală, atât naturală cât și industrial-tehnologică.





# BIBLIOGRAFIE

1. \* \* \* *Mercury in the environment – An introduction*, International Mercury Association, [www.mercuryworld.org](http://www.mercuryworld.org), **1997**.
2. \* \* \* *Mercury*, Chemical Safety Information from Intergovernmental Organisations, INCHEM, <http://inchem.org/documents/pims/chemical/mercury.htm>;
3. World Health Organization, *Environmental health criteria 1 – Mercury*, Geneva, **2001**;
4. **M. Daba (Andoni)**, V. Chiriac , T. Sulea, A. Chiriac, Z. Simon, B. Jastorff, *Anall. Univ. Timișoara Ser. Chim.*, **1992**, 1, 43;
5. **M. Daba (Andoni)**, V. Chiriac., T. Sulea, A. Chiriac, Z. Simon., *Anall. Univ. Timișoara Ser. Chim., Ser. Monography*, **1994**, 3;
6. O. Hătărăscu, *Metalele în epoca modernă*, Editura Albatros, București, **1982**;
7. X. Gaona, M. Valiente, *Analytica Chimica Acta*, **2003**, 480, 219;
8. K. E. Havens, R. T. James, T. L. East, Val H. Smith, *Environmental Pollution*, **2003**, 122, 379;
9. S. Westermarck, *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, **2000**, 50, 319;
10. N. S. Bloom, E. Preus, J. Katon, M. Hiltner, *Analytica Chimica Acta*, **2003**, 479, 233;
11. S. Chiarle, M. Ratto , M. Rovatti, *Wat. Res.* **2000**, 34, 2971;
12. J.A. Ericksen, M.S. Gustin, D.E. Schorran, D.W. Johnson, S.E. Lindberg, J.S. Coleman, *Atmospheric Environment*, article in press;
13. A.M. Carro, M.C. Mejuto, *Journal of Chromatography A*, **2000**, 882, 283.
14. S. Masson, A. Tremblay, *The Science of the Total Environment*, Article in press.
15. A. M. Jackson, E. B. Swain, C. A. Andrews, Douglas Rae, *Fuel Processing Technology*, **2000**, 65-66, .79;
16. M.T. Scholtz, B.J. Van Heyst, W.H. Schroeder, *The Science of the Total Environment*, Article in press;
17. D. W. Boening, *Chemosphere*, **2000**, 40, 1335;
18. J. Loreda, A. Pereira, A. Ordonez, *Environment International*, **2003**, 1043, 1;
19. S. M. Wilhelm, N. Bloom, *Fuel Processing Technology*, **2000**, 63, 1;
20. I. Wangberg, H. Edner, R. Ferrara, E. Lanzillotta, J. Munthe, J. Sommard, M. Sjöholm, S. Svanberg, P. Weibring, *The Science of the Total Environment*, Article in Press;
21. P. Spacu, M. Stan, C. Gheorghiu, M. Brezeanu, *Tratat de chimie anorganică*, vol. 3., Ed. Tehnică, București, 1978;
22. R. Ripan, I. Ceteanu, *Chimia metalelor*, Editura Didactică și Pedagogică, București, **1969**;
23. C.D. Nenițescu, *Chimie generală*, Editura Didactică și Pedagogică, București, **1985**;
24. M. M. Matlock, B. S. Howerton, D. A. Atwood, *Advances in Environmental Research*, **2003**, 7, 347;
25. J. Qian, U. Skyllberg, W. Frech, W. F. Bleam, P. R. Bloom, P. E. Petit, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **2002**, 66, 3873;
26. P. Thangavel, A. Shahira Sulthana, V. SubburamU, *The Science of the Total Environment*, **1999**, 1, 243;
27. M. Costa, P.S. Liss, *Marine Chemistry*, **1999**, 68, 87;

28. D.T. Waite, A.D. Snihura, Y. Liu, G.H. Huang, *Chemosphere*, **2002**, 49, 341;
29. A.G. Lista, M.E. Palomeque, B.S. Fernandez Band, *Talanta* **1999**, 50, 881;
30. D. R. Cobosa, J. M. Bakerb, E. A. Natera, *Atmospheric Environment*, **2002**, 36, 4309;
31. M. S. Gustin, H. Biester, Christopher S. Kim, *Atmospheri Environment*, **2002**, 36, 3241;
32. M. M. Matlock, K. R. Henke, D. A. Atwood, *Journal of Hazardous Materials* **2002**, B92, 129;
33. S. Chatterjee, A. Pillai, V.K. Gupta, *Talanta*, **2002**, 57, 461;
34. H. Biester, G. Muller, H.F. Scholer, *The Science of the Total Environment*,**2002**, 284,177;
35. A.J. Renneberg, M.J. Dudas, *Chemosphere*, **2001**, 45, 1103;
36. K.H. Kim, M.Y. Kim, Gangwoong Lee, *Atmospheric Environment*, **2001**, 35, 3475;
37. Ri. van der Vaart, J. Akkerhuis, P. Feron, B. Jansen, *Journal of Membrane Science*, **2001**, 187, 151.
38. A. Gotzl, W. Riepe, *Talanta*, **2001**, 54, 821
39. R. W. Gerlach, M. S. Gustin, J. M. Van Emon, *Applied Geochemistry*, **2001**, 16, 281.
40. J. Thominga, B. K. Kliemb, L. M. Ottosenb, *The Science of the Total Environment*, **2000**, 261, 137.
41. A. A. Gillisa, D. R. Millerb, *The Science of the Total Environment*, **2000**, 260, 137.
42. A. Navarro-Flores, J. Martinez-Frias, X. Font, M. Viladevall, *Applied Geochemistry*, **2000**, 15 , 281.
43. M. Ashraf-Khorassani, L. T. Taylor, *Analytica Chimica Acta*, **1999**, 379, 1
44. C. M. Barshick, S.A. Barshick, P. F. Britt, D. A. Lake, M. A. Vance, E. B. Walsh, *International Journal of Mass Spectrometry*, **1998**, 178, 31
45. M.M. Inacio, V. Pereira , M.S. Pinto, *Geoderma*, **1998**, 85, 325.
46. W. Gu, C. Y. Zhou, M. K. Wong, L. M. Gan, *Talanta*, **1998**, 46, 1019.
47. B. U, Bringmark, B., Samuelsson , *The Science of the Total Environment*, **1998**, 213, 115.
- 48.C. D. Tsakiroglou , B. Alkiviades, A. Payatakesa , *Advances in Colloid and Interface Science*, **1998**, 75, 215.
49. W. H. Schroeder, J. Munthe, *Atmospheric Environment*, **1998**, 32, 809-822.
50. L. Poissant, A. Casimir, *Atmospheric Environment*, **1998**, 32, 883.
51. X. Meng, Z. Hua, D. Dermatas, W. Wang, H. Yu Kuo, *Journal of Hazardous Materials*, **1998**, 57, 231.
52. C. Haidouti, *The Science of the Total Environment*, **1997**, 208, 105.
53. I. Lopez-Garcia, M. Sanchez-Merlos, M. Hernandez-Cordoba, *Spectrochimica Acta Part B*, **1997**, 52, 2085.
54. I.V. Dragojevic, D. Dragojevic, S. Cadez, *Analytica Chimica Acta*, **1997**, 355, 151.
55. B. F. Lyon, *Chemosphere*, **1997**, 35, 791.
56. N. J. McNab, J. C. Hughes, J. R. Howard, *Applied Geochemistry*, **1997**, 12, 321.
57. C. Radovan, D. Dascălu, **M. Andoni**, L Pitulice, *Anall. Univ. Timișoara Ser. Chim.*, **1999**, Vi1, 49.
58. H. J. H. Brouwers, *Journal of Hazardous Materials*, **1996**, 50, 47.
59. M. Kotoucek, M. Opravilova, *Analytica Chimica Acta*, **1996**, 329, 73.
60. E. Bulska, W. Kandler, A. Hulanicki, *Spectrochimica Acta Part B*, **1996**, 51, 1263.
61. T. Gebel, S. Kevekordes, J. Schaefer, H. von Platen, H. Dunkelberg, *Mutation Research*, **1996**, 368, 267.

62. M. Krizman, P. Stegnar, V. Miklavcic, *Environment International*, **1996**, 22, 5251.
63. S.A. Wasay, P. Arnfalk, S. Tokunaga, *Journal of Hazardous Materials*, **1995**, 44, 93.
64. O. Lindqvist, *Journal of Power Sources*, **1995**, 57, 3.
65. C. J. Kennedy, *Environmental Pollution*, **2003**, 121, 321.
66. R. de Levie, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, **2003**, 10, 1.
67. Y.H. Lee, I. Wangberg, J. Munthe, *The Science of the Total Environment*, **2002**, 25, 327
68. N.J. O'Driscoll, S.D. Siciliano, D.R.S. Lean, *The Science of the Total Environment*, **2002**, 26, 728.
69. B. C. Mondal, K. Arabinda, . Das, *Analytica Chimica Acta*, **2003**, 477, 73.
70. L. Na Liang, G.Bin Jiang , J. Fu Liu, J.Tian Hu, *Analytica Chimica Acta*, **2003**, 477, 131.
71. M. Rodriguez Pastof , E. Samper-Vidal, P. Varo Galvhn, D. Prats Rico, *Desalination*, **2002**, 15, 247.
72. G. R. Southworth, M. J. Peterson, M. A. Bogle, *Chemosphere*, **2002**, 49, 455.
73. S. E. Lindberga, W. Donga, T. Meyersc, *Atmospheric Environment*, **2002**, 36, 5207.
74. R. Yang, K. Li, K. Wang, F. Liu, N. Li, F. Zhao, *Analytica Chimica Acta*, **2002**, 469, 285.
75. S. Majid, M. El Rhazi, A. Amine, C. M.A. Brett, *Analytica Chimica Acta*, **2002**, 464, 123.
76. F.Roos-Barracough , N.Givelet, A.Martinez-Cortizas, M.E.Goodsite, H.Biester, W.Shotyk, *The Science of the Total Environment*, **2002**, 292, 129.
77. A. S. Friedmann, E. K. Costain, D. L. MacLatchy, W. Stansley, E. J. Washuta, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **2002**, 52, 117.
78. K. Nagashima, T. Murata, K. Kurihara, *Analytica Chimica Acta*, **2002**, 454, 271.
79. L.B. Khalil, M.W. Rophael, W.E. Mourad, *Applied Catalysis B: Environmental*, **2002**, 36, 125.
80. J. W. Millera, J. E. Callahan, J. R. Craig, *Applied Geochemistry*, **2002**, 17, 21.
81. E. Ramalhosa, S. Rio Segade, E. Pereira, C. Vale, A. Duarte, *Analytica Chimica Acta*, **2001**, 448, 135.
82. K.Y. Choe, G. A. Gill, *Marine Chemistry*, **2001**, 76, .305.
83. O. Wurl, O. Elsholz, R. Ebinghaus, *Analytica Chimica Acta*, **2001**, 438, 245.
84. M. M. Matlock, B. S. Howerton, D. A. Atwood, *Journal of Hazardous Materials*, **2001**, B84, 73
85. P. Ugoa, S. Zampieri, L. M. Moretto, D. Paolucci, *Analytica Chimica Acta*, **2001**, 434, 291
86. C. Fontanesi, L. Benedetti1, R. Andreoli, M. Carla, *Electrochimica Acta*, **2001**, 46, 1277.
87. K. Jurkiewicz, *Journal of Colloid and Interface Science*, **2005**, 286, 559;
88. C.M. Cooper , W.B. Gillespie Jr., *Environmental Pollution*, **2001**, 111, 67.
89. T. Krawczynski, M. Moszczynska, M. Trojanowicz, *Biosensors & Bioelectronics*, **2000**, 15, 681.
90. J. J. Rytuba, *The Science of the Total Environment*, **2000**, 260, .57.
91. H. Akagia, E. S. Castillob, N. Cortes-Marambab, A. Trinidad, F.Riverac, U. Teresa, D. Timbangc, *The Science of the Total Environment*, **2000**, 259, .31.
92. T. Okabe, B. Elvebak, L. Carrasco, J.L. Ferracane, R.G. Keanini, H. Nakajima, *Dental Materials*, **2003**, 19, 38
93. D.B. Mahler, J.D. Adey, L.E. Simms, M. Marek, *Dental Materials*, **2002**, 18, 407.

94. Hung-Wei Liu, Shih-Jen Jiang, Shin-Hung Liu, *Spectrochimica Acta Part B* **1999**, *54*, 1367.
95. S. Rio-Segade, C. Bendicho, *Spectrochimica Acta Part B*, **1999**, *54*, 1129.
96. N. Bicak, D. C. Sherrington, B. F. Senkal, *Reactive & Functional Polymers*, **1999**, *41*, 69.
97. R. A. Cook, K. C. Hover, *Cement and Concrete Research*, **1999**, *29*, 933.
98. P. Kula, Z. Navratilova, P. Kulova, M. Kotoucek, *Analytica Chimica Acta*, **1999**, *385*, 91.
99. Z. Sokołowska, S. Sokołowski, *Geoderma*, **1999**, *88*, .233.
100. L. L. Zhao, G. T. Rochelle, *Chemical Engineering Science*, **1999**, *54*, 655.
101. M.J. McLaughlin, D.R. Parker, J.M. Clarke, *Field Crops Research*, **1999**, *60*, 143..
102. G.G. Hawk, R.A. Aulbaugh, *Waste Management*, **1998**, *18*, 461.
103. C.J. Watras, R.C. Back, S. Halvorsen, R.J.M. Hudson, K.A. Morrison, S.P. Wentz, *The Science of the Total Environment*, **1998**, *219*, 183.
104. M. Chaychian, M. Al-Sheikhly, J. Silverman, W. L. McLaughlin, *Radiation Physics and Chemistry*, **1998**, *53*, 145.
105. C. Seigneur, H. Abeck, G. Chia, M. Reinhard, N. S. Bloom, E. Prestbo, P. Saxena, *Atmospheric Environment*, **1998**, *32*, 2649.
106. O. Russell Bullock Jr., Katherine A. Brehme, George R. Mapp, *The Science of the Total Environment*, **1998**, *213*, 1.
107. A. K. Muller, L. Dam Rasmussen, S. Johannes Sorensen, *FEMS Microbiology Letters*, **2001**, *204*, 49
108. M. V. Rao, P.S.N. Sharma, *Reproductive Toxicology*, **2001**, *15*, 705.
109. S. Goulet, F.Y. Dore, M.-E. Mirault, *Neurotoxicology and Teratology*, **2003**, *5543*, 1.
110. S.C. Foe, T.C. Tan, *The Science of the Total Environment*, **1998**, *209*, 185.
111. L. Hestbjerg Hansen, S. Johannes Sorensen, *FEMS Microbiology Letters*, **2000**, *193*, 123..
112. L. Redwood, S. Bernard, D. Brown, *NeuroToxicology*, **2001**, *22*, 691.
113. A. Rothenstein, A. Hayes, *J. Pharmacol.* **2006**, *139*, 166
114. Anne Kirstine Muller, Lasse Dam Rasmussen, Soren Johannes Sorensen, *FEMS Microbiology Letters*, **2002**, *124*, 69
115. M.V. Rao, P.S.N. Sharma, *Reproductive Toxicology*, **2000**, *25*, 805.
116. S. Goulet, F.Y. Dore, M.-E. Mirault, *Neurotoxicology and Teratology*, **2004**, *5653*, 10.
117. S.C. Foe, T.C. Tan, *The Science of the Total Environment*, **2000**, *119*, 165.
118. L. Hestbjerg Hansen, S. Johannes Sorensen, *FEMS Microbiology Letters*, **2001**, *253*, 113..
119. L. Redwood, S. Bernard, D. Brown, *NeuroToxicology*, **2001**, *22*, 691.
120. A. Rothenstein, A. Hayes, *J. Pharmacol.* **2005**, *109*, 116
121. N. Pirrone, G. J. Keeler, I. Allegrini, , *J. Pharmacol.* **2000**, *165*, 146
122. O. Russell Bullock Jr., K. A. Brehme, G. R. Mapp, , *J. Pharmacol* **1998**, *213*, 1.
123. M.J. McLaughlin, D.R. Parker, J.M. Clarke, *J. Pharmacol*, **2001**, *253*, 113..
124. M.A.H. Hafez, I.M.M. Kenawy, M.A. Akl, R.R. Lashein, *J. Pharmacol*, **2001**, *53*, 749.
125. J. J. Rytuba, *The Science of the Total Environment*, **2000**, *260*, .57.
126. H. Akagia, E. S. Castillob, N. Cortes-Marambab, A. Trinidad, F. Riverac, U. Teresa, D. Timbangc, *J. Pharmacol*, **2000**, *259*, .31.

127. T. Okabe, B. Elvebak, L. Carrasco, J.L. Ferracane, R.G. Keanini, H. Nakajima, *J. Pharmacol*, **2003**, 19, 38
128. D.B. Mahler, J.D. Adey, L.E. Simms, M. Marek, *J. Pharmacol*, **2002**, 18, 407.
129. H.-Wei Liu, S.-Jen Jiang, S.-Hung Liu, *J. Pharmacol*, **1999**, 54, 1367.
130. S. Rio-Segade, C. Bendicho, *J. Pharmacol*, **1999**, 54, 1129.
131. N. Bicak, D. C. Sherrington, B. Filiz Senkal, *J. Pharmacol*, **1999**, 41, 69.
132. R. A. Cook, K. C. Hover, *J. Pharmacol*, **1999**, 29, 933.
133. P. Kula, Z. Navratilova, P. Kulova, M. Kotoucek, *J. Pharmacol*, **1999**, 385, 91.
134. Z. Sokołowska, S. Sokołowski, *J. Pharmacol*, **1999**, 88, 233.
135. Y. Uludag, H. Onder Ozbelge, L. Yilmaz, *J. Pharmacol*, **1997**, 129, 93.
136. M. A. Baldo, S. Daniele, G. A. Mazzocchin, *J. Pharmacol*, **1997**, 340, 77.
137. M. Amyot, G. Mierle, D. Lean, D. J. McQueen, *J. Pharmacol*, **1997**, 61, 975.
138. W.P. Hamilton, A.R. Bowers, *J. Pharmacol*, **1997**, 17, 25.
139. C. S. Chen, S. J. Jiang, *J. Pharmacol*, **1996**, 51, 1813.
140. M. G. Schwyer, J. C. Andle, D. J. McAllister, J. F. Vetelino, *J. Pharmacol*, **1996**, 35-36, 170.
141. N. Pirrone, G. J. Keeler, I. Allegrini, *J. Pharmacol.*, **1996**, 27, S13.
142. B. Holynska, B. Ostachowicz, D. Wegrzynek, *J. Pharmacol*, **1996**, 51, 769.
143. M. Yamamoto, *J. Pharmacol*, **1996**, 32, 1217.
144. J. M. Pinilla, L. Hernandez, A. J. Conesa, *J. Pharmacol*, **1996**, 319, 25.
145. P. Ugo, L. M. Moretto, G. A. Mazzocchin, *J. Pharmacol*, **1995**, 305, 74.
146. K. Tennakone, U.S. Ketipearachchi, *J. Pharmacol*, **1995**, 5, 343.
147. Tarit Roychowdhury, Tadashi Uchino, Hiroshi Tokunaga, Masanori Ando, *J. Pharmacol*, **2002**, 49, 605.
148. C.M. Cooper, W.B. Gillespie Jr, *J. Pharmacol*, **2001**, 111, 67.
149. Xi-Hong Wu, Dai-Hai Sun, Zhi-Xia Zhuang, Xiao-Ru Wang, Hai-Fang Gong, Jiang-Xing Hong, Frank S.C. Lee, *J. Pharmacol*, **2002**, 453, 311.
150. L.R. Skubal, N.K. Meshkov, *J. Pharmacol*, **2002**, 148, 211
151. J.M. Llobet, M. Schuhmacher, J.L. Domingo, *J. Pharmacol*, **2002**, 284, 205.
152. H.R. Friedlia, L.F. Radke, J.Y Lu, C.M. Banic, W.R. Leaitch, J.I. MacPherson, *J. Pharmacol*, **2003**, 37, 253.
153. A. S. Friedmann, E. K. Costain, D. L. MacLatchy, W. Stansley, E. J. Washuta, *J. Pharmacol*, **2002**, 52, 117.
154. K. Nagashima, T. Murata, K. Kurihara, *J. Pharmacol*, **2002**, 454, 271.
155. L.B. Khalil, M.W. Rophael, W.E. Mourad, *J. Pharmacol*, **2002**, 36, 125.
156. J. William Millera, J. E. Callahan, J. R. Craig, *J. Pharmacol*, **2002**, 17, 21.
157. Y. Uludag, H. Onder Ozbelge, L. Yilmaz, *J. Pharmacol*, **1997**, 129, 93.
158. M. A. Baldo, S. Daniele, G. A. Mazzocchin, *Analytica Chimica Acta*, **1997**, 340, 77.
159. M. Amyot, G. Mierle, D. Lean, D. J. McQueen, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **1997**, 61, 975.
160. W.P. Hamilton, A.R. Bowers, *Waste Management*, **1997**, 17, 25.
161. C. S. Chen, S. J. Jiang, *Spectrochimica Acta Part B*, **1996**, 51, 1813.
162. M. G. Schwyer, J. C. Andle, D. J. McAllister, J. F. Vetelino, *Sensors and Activators B*, **1996**, 35-36, 170.
163. N. Pirrone, G. J. Keeler, I. Allegrini, *J. Aerosol Sci.*, **1996**, 27, S13.
164. B. Holynska, B. Ostachowicz, D. Wegrzynek, *Spectrochimica Acta Part B*, **1996**, 51, 769.
165. M. Yamamoto, *Chemosphere*, **1996**, 32, 1217.
166. J. M. Pinilla, L. Hernandez, A. J. Conesa, *Analytica Chimica Acta*, **1996**, 319, 25.

167. P. Ugo, L. M. Moretto, G. A. Mazzocchin, *Analytica Chimica Acta*, **1995**, 305, 74.
168. K. Tennakone, U.S. Ketipearachchi, *Applied Catalysis B: Environmental*, **1995**, 5, 343.
169. T. Roychowdhury, T. Uchino, H. Tokunaga, M. Ando, *Chemosphere*, **2002**, 49, 605.
170. C.M. Cooper, W.B. Gillespie Jr, *Environmental Pollution*, **2001**, 111, 67.
171. X.-Hong Wu, D.-Hai Sun, Z.-Xia Zhuang, X.-Ru Wang, H.-Fang Gong, J.-Xing Hong, S.C. Lee, *Analytica Chimica Acta*, **2002**, 453, 311.
172. L.R. Skubal, N.K. Meshkov, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, **2002**, 148, 211
173. J.M. Llobet, M. Schuhmacher, J.L. Domingo, *The Science of the Total Environment*, **2002**, 284, 205.
174. H.R. Friedli, L.F. Radke, J.Y. Lu, C.M. Banic, W.R. Leitch, J.I. MacPherson, *Atmospheric Environment*, **2003**, 37, 253.
175. J. Falandysz, M. Kawano, A. Swieczkowski, A. Brzostowski, M. Dadej, *Food Chemistry*, **2002**, 34, 234.
176. S. Granero, J.L. Domingo, *Environment International*, **2002**, 28, 159.
177. T. Petänen, M. Romantschuk, *Analytica Chimica Acta*, **2002**, 456, 55.
178. C. P. Ferraria, A. Dommergue, A. Veysseyre, F. Planchon, C. F. Boutron, *The Science of the Total Environment*, **2002**, 287, 61.
179. H. Biester, G. Muller, H.F. Scholer, *The Science of the Total Environment*, **2002**, 284, 191.
180. C.N. Mulligan, R.N. Young, B.F. Gibbs, *Engineering Geology*, **2001**, 60, 193.
181. A. A. Gillis, D. R. Miller, *The Science of the Total Environment*, **2000**, 260, 191.
182. R. Dietz, U. F. Riget, M. Cleemann, A. Aarkrog, P. Johansen, J.C. Hansen, *The Science of the Total Environment*, **2000**, 245, 221.
183. L. X. Tsiros, R.B. Ambrose, *Chemosphere*, **1999**, 39, 477.
184. I. A. Veselova, T. N. Shekhovtsova, *Analytica Chimica Acta*, **1999**, 392, 151.
185. M. Meneses, J.M. Lobe, S. Granero, M. Schuhmacher, J.L. Domingo, *The Science of the Total Environment*, **1999**, 226, 157.
186. M. M. Matlock, B. S. Howerton, D. A. Atwood, *Advances in Environmental Research*, **2003**, 7, 347.
187. R. Alnaizy, A. Akgerman, *Advances in Environmental Research*, **2000**, 4, 233.
188. R. Capelli, G. Drava, R. De Pellegrini, V. Minganti, R. Poggi, *Advances in Environmental Research*, **2000**, 4, 31.
189. S. Rio, A. Delebarre, *Fuel*, **2003**, 82, 153.
190. W. H. Schroeder, J. Munthe, *Atmospheric Environment*, **1998**, 32, 809, 172
191. **M. Andoni**, A. Iovi, P. Negrea, A. Negrea, L. Lupa, M. Ciopec, *Revista de chimie*, **2008**, sub tipar.
192. **M. Andoni**, Aurel Iovi, Petru Negrea, Lavinia Teuca, Anca Bădescu, *Chem.Bull*, Univ. (Timișoara), **2004**, 49(63), 1.
193. **M. Andoni**, A. Iovi, P. Negrea, L. Teuca, A. Bădescu, *Studies concerning the removing of mercury from the contaminated soils*, Proceedings of the 12<sup>th</sup> Symposium on Analytical and Environmental Problems, Szeged, Hungary, 2005, p.11-14;
194. N. Leclerc, E. Meux, J.M. Lecuire, *Journal of Hazardous Materials*, **2002**, 891, 257;
195. P. Ugo, L. M. Moretto, G. A. Mazzocchin, *Analytica Chimica Acta*, **1995**, 305, 74-196. G.E. Baiulescu, T. Nascutiu, *Metode fizice de analiza a urmelor*, Editura Tehnică, București, **1974**;



197. T. Roychowdhury, T. Uchino, H. Tokunaga, M. Ando, *Chemosphere*, **2002**, 49, 605.
198. C.M. Cooper , W.B. Gillespie Jr, . *Environmental Pollution*, **2001**, 111, 67.
199. X.-Hong Wu, D.-Hai Sun, Z.-Xia Zhuang, X.-Ru Wang, H.-Fang Gong, J.-Xing Hong, S.C. Lee, *Analytica Chimica Acta*, **2002**, 453, 311.
200. L.R. Skubal, N.K. Meshkov, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, **2002**, 148, 211
201. J.M. Llobet, M. Schuhmacher, J.L. Domingo, *The Science of the Total Environment*, **2002**, 284, 205.
203. H.R. Friedli, L.F. Radke, J.Y Lu, C.M. Banic, W.R. Leitch, J.I. MacPherson, *Atmospheric Environment*, **2003**, 37, 253.
204. J. Falandysz, M. Kawano, A. Swieczkowski, A. Brzostowski, M. Dadej, *Food Chemistry*, **2002**, 34, 234.
205. S. Granero, J.L. Domingo, *Environment International*, **2002**, 28, 159.
206. T. Petänen, M. Romantschuk, *Analytica Chimica Acta*, **2002**, 456, 55
207. C. P. Ferrara, A. Dommergue, A. Veyseyre, F. Planchon, C. F. Boutron, *The Science of the Total Environment*, **2002**, 287, 61.
208. H. Biester, G. Muller, H.F. Scholer, *The Science of the Total Environment*, **2002**, 284, 191.
209. **M. Andoni**, A. Iovi, P. Negrea, L. Lupa, A. Negrea, M. Ciopec, *Revista de chimie*. **2008**, sub tipar.
210. **M. Andoni**, A. Iovi, P. Negrea, L. Teuca, A. Bădescu, *Studies concerning the removing of mercury from the contaminated soils*, Proceedings of the 13<sup>th</sup> Symposium on an Analytical and Environmental Problems, Szeged, Hungary, 2006, p.16-20;
211. P. Ugo, L. M. Moretto, G. A. Mazzocchin, *Analytica Chimica Acta*, **1995**, 305, 74.
212. K. Tennakone, U.S. Ketiparachchi, *Applied Catalysis B: Environmental*, **1995**, 5, 343.
213. T. Roychowdhury, T. Uchino, H. Tokunaga, M. Ando, *Chemosphere*, **2002**, 49, 605.
214. C.M. Cooper , W.B. Gillespie Jr, . *Environmental Pollution*, **2001**, 111, 67.
215. **M. Andoni**, A. Iovi, P. Negrea, L. Lupa, A. Negrea, I. Ursoiu, M. Ciopec, *Revista de chimie*. **2008**, sub tipar.
- 216 **M. Andoni** ,A.Iovi ,I.Ursoiu , P.Negrea , L.Lupa , A.Negrea. *Studies concerning the removing of mercury by ion exchange resin*, Proceedings of the 13<sup>th</sup> Symposium on an Analytical and Environmental Problems, Szeged, Hungary, 2006, 136
217. X.-Hong Wu, D.-Hai Sun, Z.-Xia Zhuang, X.-Ru Wang, H.-Fang Gong, J.-Xing Hong, S.C. Lee, *Analytica Chimica Acta*, **2002**, 453, 311.
218. L.R. Skubal, N.K. Meshkov, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, **2002**, 148, 211
219. J.M. Llobet, M. Schuhmacher, J.L. Domingo, *The Science of the Total Environment*, **2002**, 284, 205.
220. H.R. Friedli, L.F. Radke, J.Y Lu, C.M. Banic, W.R. Leitch, J.I. MacPherson, *Atmospheric Environment*, **2003**, 37, 253.





# Titluri recent publicate în colecția „TEZE DE DOCTORAT” seria 4: Inginerie Chimică

---

1. **Mihaela Bragea** – *Contribuții la modelarea și simularea fenomenului de disponibilitate la migrarea în mediu a elementelor radioactive din deșeurile industriei uranifere*, ISBN 978-973-625-462-8, (2007);
  2. **Gerlinde Grandtner** – *Contribuții la studiul sintezei și caracterizării unor oligomeri și polimeri pe bază de inulină*, ISBN 978-973-625-500-7, (2007)
  3. **Lavinia Afrodita Lupa** – *Studii privind recuperarea și valorificarea zincului din deșeuri provenite din procesul de zincare termică*, ISBN 978-973-625-548-9, (2007);
  4. **Elvira-Mihaela Ciopec** – *Studii privind obținerea și caracterizarea îngrășămintelor de tipul PK cu microelemente*, ISBN 978-973-625-525-0, (2007);
  5. **Mirel Glevitzky** – *Contribuții la îmbunătățirea calității sucurilor, prin utilizarea tehnicilor de modelare matematică, în vederea extinderii duratei de viață și impactul acesteia asupra siguranței alimentului*, ISBN 978-973-625-516-8, (2007);
  6. **Ioana Maria Carmen Ienașcu** – *Substanțe potențial biologic active cu structură o-hidroxibenzamidică*, ISBN 978-973-625-600-4, (2008);
  7. **Delia-Gabriela Dumbravă** – *Contribuții la studiul, izolarea și purificarea pigmentilor carotenoidici din produse naturale*, ISBN 978-973-625-566-3, (2008);
  8. **Corina-Ileana Orha** - *Contribuții la studiul proceselor de obținere și caracterizare a unor materiale zeolitice funcționalizate cu utilizare în dezinfecția apei*, ISBN 978-973-625-594-6, (2008);
  9. **Raul-Ciprian Moldovan** – *Îmbunătățirea performanțelor funcționale ale microdebitmetrelor electrotermice utilizând metode de modelare matematică și simulare numerică*, ISBN 978-973-625-642-4, (2008);
  10. **Maria-Raluca Szabo** – *Cercetări privind autooxidarea alimentelor și metode de prevenire, retardare și/sau diminuare*, ISBN 978-973-625-659-2, (2008).
- 



EDITURA POLITEHNICA