

UNIVERSITATEA DE STAT DIN MOLDOVA

Cu titlul de manuscris
C.Z.U.: 544:666.1(043.2)

CURICHERU GALINA

**MODIFICAREA COMPOZIȚIEI ȘI A STRUCTURII
STRATURILOR SUPERFICIALE ALE STICLELOR
ANORGANICE TRATATE TERMOCHIMIC CU
REAGENȚI GAZOȘI, CE CONȚIN FLUORURĂ**

144.01 – CHIMIE FIZICĂ
Rezumatul tezei de doctor în științe chimice

CHIȘINĂU, 2024

Teza a fost elaborată în cadrul Catedrei de științe fizice și inginerști a Universității de Stat „Alec Russo” din Bălți.

Conducător științific:

ȘARAGOV Vasilii, dr. hab., conf. univ., Om Emerit al Republicii Moldova

Referenți oficiali:

CIOBANU Mihail, dr. hab., conf. cercet., Institutul de Chimie al Universității de Stat din Moldova

EFTIMIE Mihai-Alexandru, dr., ing., conf. univ., Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA București, România.

Componența Consiliului științific specializat:

LUPAȘCU Tudor, dr. hab., prof. cercet., acad.

– **președinte**

BUNDUCHI Elena, dr., conf. univ.

– **secretar științific**

GONȚA Maria, dr. hab., prof. univ.

– **membru**

ISAC-GUȚUL Tatiana, dr., conf. univ.

– **membru**

OLARU Ion, dr., conf. univ.

– **membru**

Susținerea va avea loc la 30 mai 2024, ora 14:00, în ședința Consiliului Științific Specializat D 144.01-24-2 din cadrul Universității de Stat din Moldova, str. A. Mateevici 60, blocul IV, sala 222, Chișinău, MD 2009, Republica Moldova.

Teza de doctor și rezumatul pot fi consultate la biblioteca Universității de Stat din Moldova și pe pagina web a ANACEC (www.anacec.md).

Rezumatul a fost expediat la 26 aprilie 2024.

Secretar științific al Consiliului științific specializat,

BUNDUCHI Elena, dr.

Conducător științific,

ȘARAGOV Vasilii, dr. hab.



Autor

CURICHERU Galina



CUPRINS

REPERE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII	4
1. INTERACȚIUNEA CHIMICĂ A STICLELOR ANORGANICE CU REAGENȚI GAZOȘI.....	7
2. MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE	7
3. NATURA DEZALCALINIZĂRII STICLELOR ANORGANICE CU REAGENȚI GAZOȘI CE CONȚIN FLUORURĂ	8
3.1. Mecanismul de dezalcalinizare a sticlelor anorganice cu reagenți gazoși ce conțin fluorură	8
3.2. Proprietățile fizico-chimice ale sticlelor industriale tratate cu reagenți gazoși ce conțin fluorură	11
3.3. Intensificarea procesului de dezalcalinizare al sticlelor industriale cu reagenți gazoși ce conțin fluorură	12
4. INTERACȚIUNEA STICLELOR INDUSTRIALE CU REAGENȚI GAZOȘI CE CONȚIN FLUORURĂ FĂRĂ PROCESUL DEZALCALINIZĂRII	16
4.1. Proprietățile fizico-chimice ale sticlelor industriale tratate termochimic cu reagenți gazoși ce conțin fluorură fără procesul dezalcalinizării	16
4.2. Compoziția și structura straturilor superficiale ale sticlelor industriale modificate cu reagenți ce conțin fluorură	19
CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI	22
BIBLIOGRAFIE	23
LISTA PUBLICAȚIILOR LA TEMA TEZEI	25
ADNOTARE	32
ANNOTATION	33
АННОТАЦИЯ	34

REPERE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII

Actualitatea și importanța temei abordate

Produsele din sticlă anorganică se utilizează în toate domeniile de activitate ale omului, cum ar fi: construcții, transport, ambalaj, optică, medicină, veselă, tehnică etc. Sticlele anorganice au proprietăți optice unice. Doar sticla poate fi obținută transparentă în diferite domenii ale spectrului radiațiilor electromagnetice (vizibil, ultraviolet, infraroșu ș. a.). La necesitate, sticla ușor se colorează în orice culoare și nuanță. Sticlele industriale sunt materiale igienice, ușor de spălat, care suportă sterilizarea, nu transmit și nu modifică calitatea și gustul produselor alimentare, sunt reciclabile și nu poluează mediul, sunt rigide, impermeabile, pot fi realizate în forme variate etc.

Dezavantajele principale ale produselor din sticlă sunt: rezistența mecanică și stabilitatea termică joasă, în unele cazuri stabilitatea chimică este scăzută. Din cauza acestor dezavantaje au fost elaborate diverse metode de îmbunătățire a proprietăților de exploatare a produselor din sticlă.

Metodele de îmbunătățire a proprietăților fizico-chimice ale sticlelor anorganice, convențional, pot fi divizate în două direcții. Prima direcție caracterizează crearea unor tensiuni de compresiune în straturile superficiale ale sticlelor (SSS) prin metode fizice și chimice: călirea și schimbul ionic. A doua direcție include metode prin care compoziția și structura straturilor de suprafață ale sticlei sunt modificate și efectul defectelor este eliminat sau micșorat: decaparea în soluție de HF, depunerea acoperirilor de protecție, acțiunea cu câmpuri electrice și magnetice ș. a.

Prima metoda care a fost aplicată pentru îmbunătățirea stabilității chimice, rezistenței mecanice și stabilității termice a sticlei a fost tratarea termochimică (TTC) cu gaze acide. În cazul dat nu se modifică tehnologia de fabricare a produselor din sticlă și nu sunt necesare investiții mari pentru implementare. Neajunsul principal al metodei de dezalcalinizare a sticlelor industriale cu gaze acide constă în formarea stratului dezalcalinizat mic, până la 1 μm . În timpul exploatării stratul dezalcalinizat se deteriorează și efectul de îmbunătățire a proprietăților fizico-chimice ale produselor din sticlă scade.

În unele cazuri fabricile de sticlă nu asigură stabilitatea la apă necesară a buteliilor din sticlă. Pe cale tradițională îmbunătățirea stabilității chimice a produselor se efectuează prin modificarea compoziției sticlei, ceea ce nu este avantajos din punct de vedere tehnologic și economic. Modificarea dirijată a suprafeței sticlei permite obținerea produselor cu proprietăți necesare.

Metoda TTC cu reagenți ce coțin fluorură (RCF) este cea mai favorabilă pentru îmbunătățirea proprietăților fizico-chimice, dar mecanismul dezalcalinizării nu este studiat suficient de bine. Mai mult, lipsesc publicații consacrate reacției de substituție pe suprafața sticlei a grupelor OH^- și a părții celor mai reactive a anionilor punților de oxigen (aproximativ 3-5 % din toată cantitatea de oxigen al sticlei) cu anionii de fluor. Acest lucru se explică prin faptul că este o problemă

mare în determinarea regimului optim de TTC cu RCF pentru îmbunătățirea proprietăților fizico-chimice a sticlei fără procesul dezalcalinizării.

Scopul lucrării constă în cercetarea interacțiunii sticlelor anorganice cu reagenți gazoși ce conțin fluorură.

Obiectivele principale sunt: identificarea produșilor de reacție formați la tratarea sticlelor anorganice cu reagenți gazoși; analiza compoziției și structurii SSS industriale TTC cu RCF; determinarea proprietăților fizico-chimice ale sticlelor industriale TTC cu RCF; stabilirea regimurilor optime pentru îmbunătățirea proprietăților fizico-chimice ale sticlelor industriale TTC cu RCF; intensificarea procesului de dezalcalinizare a sticlelor industriale tratate cu reagenți gazoși.

Noutatea și originalitatea științifică: au fost elaborate criteriile pentru evaluarea intensității procesului de dezalcalinizare a sticlelor anorganice cu reagenți gazoși; cu aplicarea principiilor termodinamicii chimice au fost identificați reagenți gazoși noi și s-a stabilit compoziția chimică a sticlelor industriale și de model anorganice în scopul intensificării procesului de dezalcalinizare; au fost stabilite criteriile pentru identificarea procesului TTC a mostrelor din sticlă industrială cu RCF fără procesul dezalcalinizării; a fost stabilită dependența proprietăților fizico-chimice ale sticlelor industriale de regimul de TTC cu reagenți gazoși, viteza de extracție a Me^+ , compoziția și structura stratului dezalcalinizat; au fost elaborate criteriile pentru aprecierea calității de modificare a compoziției și SSS ale sticlelor industriale cu RCF cu și fără procesul dezalcalinizării.

Ipoteza de cercetare constă în intensificarea procesului de dezalcalinizare al sticlelor silicatică tratate cu reagenți gazoși ce este favorabil pentru îmbunătățirea proprietăților fizico-chimice ale produselor industriale.

Semnificația teoretică a lucrării constă în fundamentarea cunoștințelor în domeniul chimiei fizice a SSS silicatică cu privire la compoziția, structura și omogenitatea lor. A fost precizat mecanismul de formare a stratului modificat al sticlelor silicatică TTC cu RCF sub influența factorilor externi. Au fost determinați factorii principali ce duc la îmbunătățirea rezistenței chimice, rezistenței mecanice, microdunității și a stabilității termice ale sticlelor industriale, TTC cu RCF în procesul dezalcalinizării. Au fost stabilite asemănări și deosebiri pentru procesele de dezalcalinizare ale sticlelor silicatică cu gaze acide, apă, soluții apoase, acizi, aerul umed și plasma descărcărilor electrice.

Valoarea aplicativă a lucrării: au fost determinați factorii care influențează modificarea compoziției și SSS ale sticlelor industriale TTC cu RCF fără procesul dezalcalinizării. Cu ajutorul metodei secționării cu soluția HF a fost determinat că în rezultatul interacțiunii sticlelor industriale cu RCF se formează un strat dezalcalinizat cu grosimea de până la 1 μm cu un grad de dezalcalinizare de până la 85 %. Metoda TTC cu RCF este cea mai eficientă pentru sporirea esențială a stabilității la apă și acizi a sticlelor industriale, precum și pentru creșterea rezistenței mecanice cu 20-30 %, microdunității și stabilității termice cu 5-10 %. Au fost elaborate regimuri optime pentru îmbunătățirea proprietăților fizico-chimice

ale ambalajului, TTC cu RCF și clorură cu și fără procesul dezalcalinizării în condiții de producere: temperatura – de la 550 până la 650 °C, durata – de la 1 s până la 5 s, partea de volum a reagentului la un produs – aproximativ de la 0,1 până la 0,5 %. La buteliile TTC cu RCF fără procesul dezalcalinizării, stabilitatea la apă după cinci ani de păstrare în depozit, practic nu s-a înrăutățit. În tot același timp, la buteliile netratate și păstrate în depozit, stabilitatea la apă s-a înrăutățit considerabil, ceea ce nu corespunde cerințelor standardului.

În baza experimentelor efectuate la Fabrica de sticlă din Florești au fost elaborate procedee pentru îmbunătățirea proprietăților fizico-chimice ale sticlelor industriale, TTC cu RCF cu și fără procesul dezalcalinizării susținute de două brevete de invenție. Metodele de cercetare elaborate în laboratorul științific Chimie fizică și ecologică al Universității de Stat „Alecu Russo” din Bălți (USARB) se utilizează în procesul de studii. La realizarea lucrărilor de laborator este obligatoriu aplicarea analizei de sistem pentru aprecierea factorilor care influențează rezultatul experimentului.

Sinteza metodologiei de cercetare și justificarea metodelor de cercetare alese.

La elaborarea tezei de doctor a fost utilizat un complex de metode experimentale, analitice, euristice, statistice etc. Principalele metode – spectroscopia în infraroșu, microscopia electronică, difractometria, derivatometria, fotometria cu flacără, metoda secționării cu soluție de HF (elaborată în laboratorul de Chimie fizică și ecologică a USARB) etc. Pentru planificarea experimentului, elaborarea și perfectarea metodelor a fost aplicată analiza de sistem.

Elementele originale: stabilirea legăturii dintre grosimea și gradul de dezalcalinizare a SSS și proprietățile sticlei; pentru experimente au fost utilizate sticle industriale cu diferită destinație (de ambalaj, de geam, de iluminat ș.a.), precum și sticle de model din diferite sisteme. Cercetarea are caracter interdisciplinar, deoarece se utilizează experimente legate cu aplicarea câmpurilor electromagnetice, determinarea diferitor proprietăți ale sticlei în condiții industriale și de laborator etc.

Aprobarea rezultatelor științifice. Rezultatele științifice obținute au fost raportate și discutate la mai multe conferințe naționale și internaționale, saloane de invenții care au fost apreciate cu 4 medalii de aur și 2 medalii de argint. Au fost efectuate experimente la Fabrica de sticlă din Florești și elaborate procedee pentru îmbunătățirea proprietăților fizico-chimice ale sticlelor industriale, TTC cu RCF cu și fără procesul dezalcalinizării susținute de două brevete de invenție.

Publicații la tema tezei: Rezultatele principale, obținute pe parcursul efectuării cercetărilor științifice asupra tezei de doctor, au fost publicate în 59 lucrări științifice: 1 capitol în monografie colectivă, 31 articole (dintre care 3 articole în reviste internaționale cu factor de impact) și 28 rezumate la conferințele științifice naționale și internaționale.

Sumarul capitolelor tezei. Lucrarea conține adnotarea scrisă în 3 limbi (română, rusă și engleză), lista tabelelor, lista figurilor, lista abrevierilor, introducere, patru capitole, concluzii și recomandări, bibliografie, anexe, declarația privind asumarea răspunderii și CV-ul autorului. Conținutul tezei constituie 121 pagini de text principal completat cu 31 tabele, 52 figuri și 3 anexe.

Rezultatele au fost obținute în cadrul proiectului instituțional 15.817.02.30F „Cercetarea compoziției, structurii și proprietăților straturilor superficiale ale sticlelor industriale și de model anorganice, tratate termochimic cu reagenți ce conțin fluorură”.

1. INTERACȚIUNEA CHIMICĂ A STICLELOR ANORGANICE CU REAGENȚI GAZOȘI

Sticla în procesul de fabricare, transportare și exploatare este în contact permanent cu mediul ambiant, care influențează asupra proprietăților ei, de aceea studiul interacțiunii sticlei cu diferite gaze are o mare importanță științifică.

Interacțiunea sticlelor anorganice cu gaze acide se studiază mai mult de un secol. Majoritatea lucrărilor publicate sunt dedicate interacțiunii sticlelor anorganice cu dioxidul de sulf. Gazele acide extrag din sticlă cationii metalelor alcaline, modificându-le proprietățile fizico-chimice.

Dezalcalinizarea la temperatură înaltă (mai mare de 300 °C) a sticlelor silicatică cu reagenți gazoși îmbunătățește esențial stabilitatea chimică a acestora și le sporește proprietățile termomecanice. Procesul dezalcalinizării sticlei cu reagenți gazoși include un șir de fenomene fizico-chimice. Natura interacțiunii sticlelor anorganice cu gaze, ce conțin fluorură, este puțin cercetată.

2. MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE

În calitate de obiecte de cercetare au fost utilizate: produse industriale din sticlă cu diferită destinație și sticle de model sintetizate; reagenți gazoși de diferită natură; câmp electric constant și câmp magnetic constant, alternativ și în impuls. În calitate de reagenți gazoși pentru TTC a sticlei au fost utilizați: diclorodifluorometan tehnic, clorodifluorometan tehnic, fluorură și clorură de hidrogen, SiO₂, CO₂ și amestecuri de gaze. Aceste gaze au proprietăți fizice, chimice și toxice diferite.

Diversitatea produselor industriale contribuie la studierea multilaterală a proceselor fizico-chimice care au loc la interacțiunea sticlelor cu reagenți gazoși. Pentru a determina efectul compoziției chimice a sticlei asupra interacțiunii cu gaze acide ce conțin fluorură, sticlele au fost sintetizate în sistemul Na₂O - R₂O₃ - SiO₂, unde R₂O₃ - Al₂O₃ și B₂O₃. Pentru obținerea topiturii din sticlă au fost utilizate următoarele substanțe: SiO₂ anhidru măcinat fin cu calificativul „pur”, Al₂O₃ și B₂O₃ cu calificativul „chimic pur”, Na₂CO₃ cu calificativul „pur pentru analize”.

A fost elaborată metodologia analizei termodinamice de determinare a posibilității de interacțiune a componentilor sticlelor industriale cu reagenți gazoși

[1]. Calculând valoarea variației energiei Gibbs a reacției, se apreciază posibilitatea de interacțiune a componentilor sticlelor anorganice cu gazele acide în condiții date.

Pentru TTC a ambalajului din sticlă cu RCF cu și fără procesul dezalcalinizării, în condiții de laborator și industriale, a fost elaborată instalația și dispozitive pentru introducerea reagentului gazos în interiorul produsului [2].

Compoziția produșilor de reacție ai sticlei cu reagenții gazoși a fost identificată, utilizând: difractometrul ДРОН-3,0 la radiația Cu K α , derivatograful OD-102, microscopul electronic ЭММА-2, microanalizatorul electrono-sondal roentgenospectral MAR și fotometrul cu flacără Flapho 4. Pentru cercetarea compoziției și structurii SSS a fost utilizat spectrofotometrul în infraroșu UR-20 și aplicată metoda secționării cu soluția HF. Proprietățile fizico-chimice ale sticlei și ale produselor au fost determinate cu ajutorul metodelor standarde și a celor elaborate în laboratorul științific Chimie fizică și ecologică al USARB.

3. NATURA DEZALCALINIZĂRII STICLELOR ANORGANICE CU REAGENȚI GAZOȘI CE CONȚIN FLUORURĂ

3.1. Mecanismul de dezalcalinizare a sticlelor anorganice cu reagenți gazoși ce conțin fluorură

Mecanismul de interacțiune chimică a reagenților gazoși de natură diferită cu sticlele industriale și de model anorganice a fost studiat pe două direcții:

1. Identificarea produșilor reacției sticlelor anorganice cu reagenți gazoși.
2. Analiza compoziției și structurii SSS TTC cu reagenți gazoși.

În experimentele efectuate în condiții de laborator și de producere TTC a sticlelor industriale cu reagenți gazoși este însoțită de formarea produșilor de reacție sub formă de depuneri la suprafața sticlelor. Compoziția produșilor de reacție prezintă interes pentru cercetarea mecanismului de dezalcalinizare al sticlelor anorganice cu gaze acide. Compoziția dată a fost stabilită cu ajutorul analizei de fază cu raze X, microanalizei electrono-sondale roentgenospectrală, analizei termice, fotometriei cu flacără și analizei chimice calitative [3].

Pe suprafața sticlelor industriale și de model sintetizate tratate cu CCl₂F₂ și CHClF₂ se formează doar NaCl și KCl, ceea ce constată decurgerea procesului de dezalcalinizare analogic dezalcalinizării sticlei cu gaze acide [4-7].

Interacțiunea sticlei de geam cu SO₂ în condiții de laborator și de producere (temperatura – de la 300 până la 700 °C) este însoțită de formarea produșilor de reacție sub formă de depunere, compusă, în genere, din Na₂SO₄ cu diferite modificării și o cantitate neînsemnată de K₂SO₄. O asemenea compoziție a produșilor de reacție a fost stabilită la tratarea cu SO₂ a sticlei pentru ambalaj de diferită compoziție, a sticlei transparente pentru menaj, a sticlei lăptoasă de iluminare și pentru alte feluri de sticle industriale.

Interacțiunea sticlelor industriale cu HCl duce la formarea aceluși compuși, care se obțin la utilizarea CCl_2F_2 și CHClF_2 . Influența HF asupra sticlelor industriale este însoțită de formarea depunerilor, compuse din NaF și CaF_2 .

În componența produșilor reacției sticlei industriale cu amestecurile de gaze, formate din CCl_2F_2 și CHClF_2 și SO_2 , intră, în general, Na_2SO_4 și într-o cantitate mai mică NaCl și K_2SO_4 . În așa mod, interacțiunea chimică a sticlelor industriale și de model sintetizate cu reagenții gazoși sus indicați constă în dezalcalinizarea lor.

Pentru analiza SSS industriale și de model anorganice a fost utilizată metoda secționării cu soluție de HF. Experimentele au arătat că viteza de dizolvare a sticlei în soluția de HF depinde de mai mulți factori: compoziția și structura sticlei; omogenitatea mostrei; volumul și concentrația de HF; temperatura soluției; condițiile hidrodinamice etc. [4, 5, 8].

În fig. 3.1 sunt prezentate dependențele vitezei de dizolvare cu soluția HF a mostrelor din sticlă de geam tratate cu reagenți gazoși de grosimea stratului dizolvat.

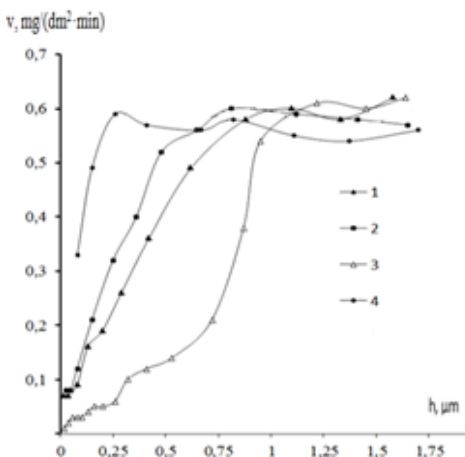


Fig. 3.1. Influența grosimii stratului dizolvat asupra vitezei de dizolvare cu soluția HF a sticlei de geam tratată cu CF_2Cl_2 (1), SO_2 (2), amestec CF_2Cl_2 și SO_2 în raportul de volum 1:1 (3) și fără tartare (4) [3]. Regimul de TTC a mostrelor din sticlă cu reagenți gazoși: $t - 600\text{ }^\circ\text{C}$, $v - 0,67\text{ mol}$, $\tau - 15\text{ min}$.

Curba 1 din fig. 3.1 demonstrează că sticla netratată se dizolvă cu aceeași viteză medie, cu excepția unui strat de pe suprafață de aproximativ $0,3\text{ }\mu\text{m}$ grosime. Acest lucru se datorează faptului că în procesul de formare a sticlei metalele alcaline se evaporă parțial de pe suprafața sa.

După TTC cu reagenți gazoși viteza de dizolvare a sticlei la o adâncime de aproximativ $0,8-1,0\text{ }\mu\text{m}$ (curbele 1-3) brusc se micșorează. Viteza minimă de decapare se înregistrează după tratarea mostrelor cu un amestec de SO_2 și CCl_2F_2 . Dezalcalinizarea mostrelor din sticlă cu CCl_2F_2 și SO_2 separat, de asemenea, reduce semnificativ viteza de dizolvare a SSS cu o grosime de aproximativ $0,8\text{ }\mu\text{m}$.

Cu ajutorul fotometriei cu flacără a fost măsurată concentrația cationilor de Na^+ în extractele de la

decaparea mostrelor cu soluția HF. A fost stabilită o relație strânsă între viteza de dizolvare a SSS și concentrația relativă a cationilor de Na^+ în acesta. Cu cât este

mai mare concentrația cationilor de Na⁺ în componența SSS, cu atât este mai mare viteza de dizolvare a acestuia.

Modificarea compoziției și structurii SSS industriale TTC cu reagenți gazoși a fost depistată cu ajutorul spectroscopiei în infraroșu (SIR). Spectrele de reflecție infraroșu ale sticlelor industriale până și după dezalcalinizarea cu gaze acide și RCF și clorură se schimbă esențial. Rezultatele SIR sugerează că TTC cu CCl₂F₂ este însoțită de dezalcalinizarea SSS industriale. Cel mai mare efect în extracția cationilor de Na⁺ din sticla industrială se obține atunci când se folosesc pentru TTC amestecuri de CCl₂F₂ și SO₂. Spectrele sticlei tratate cu CCl₂F₂ și CHClF₂ sunt identice [3]. Tratarea termică suplimentară nu a avut aproape niciun efect asupra compoziției și structurii SSS industriale.

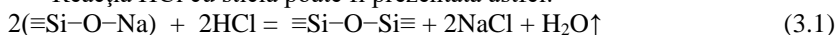
Natura interacțiunii sticlelor anorganice cu reagenți gazoși depinde de compoziția și structura sticlei, natura reagentului gazos și condițiile exterioare: temperatura, presiunea, umiditatea, prezența impurităților etc. Interacțiunea reagentului gazos cu sticlă începe cu difuzia moleculelor de gaz spre suprafața mostrei. Dacă moleculele de gaz interacționează cu suprafața sticlei, atunci are loc adsorbția fizică sau chimică. Capacitatea reagentului gazos de a reacționa cu sticla depinde de starea suprafeței mostrei. Suprafața sticlei proaspăt fasonată în stare fierbinte este esențial chimic mai activă, în comparație cu starea ei în condiții obișnuite [2, 5, 6].

Interacțiunea chimică a sticlei cu reagentul gazos are loc în prezența vaporilor de apă, adică în rezultatul difuziei și adsorbției vaporilor de apă la suprafața mostrei, moleculele de apă disociază, formând cele mai slabe legături pe suprafața sticlei ≡Si–OH, iar cationii de hidrogen pătrund în SSS.

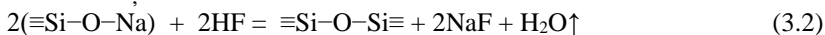
În faza finală cationii alcalini reacționează cu gazele acide. Producția reacției acoperă suprafața sticlei sub formă de depunere sau se evaporă în mediul gazos.

Determinând energia de activare a reacției sticlelor industriale cu reagenți gazoși, s-a constatat că în funcție de regimul de TTC energia de activare variază de la 50 până la 120 kJ/mol.

Reacția HCl cu sticla poate fi prezentată astfel:



Interacțiunea HF cu sticla, decurge în două etape și poate fi reprezentată prin următoarele reacții:



Interacțiunea chimică a sticlei cu RCF și clorură este mai dificil de descris, deoarece câteva reacții decurg concomitent. La început, în timpul acțiunii acestor gaze asupra sticlei încălzite are loc hidroliza lor, de exemplu, pentru CCl₂F₂ avem următoarea reacție chimică:



Gazele HF și HCl, care se formează în rezultatul descompunerii CCl₂F₂ în timpul TTC a sticlelor industriale, interacționează conform reacțiilor 3.1-3.3.

În general, procesul de dezalcalinizare a sticlelor anorganice cu gaze acide convențional poate fi divizat în trei stadii principale, ce decurg concomitent. Inițial cationii alcalini Me^+ (Na^+ , K^+) difuzează din masa de bază a sticlei spre suprafața ei. Apoi are loc schimbul dintre Me^+ din sticlă cu H^+ din mediul gazos. Coeficientul efectiv de difuzie a cationilor de Na^+ pentru procesul de dezalcalinizare a sticlelor industriale cu CCl_2F_2 și $CHClF_2$ variază de la $2 \cdot 10^{-12}$ până la $3 \cdot 10^{-11}$ cm^2/s . În faza finală, cationii alcalini reacționează cu gazele acide formând produși ai reacției care acoperă suprafața sticlei sub formă de depunere [5].

3.2. Proprietățile fizico-chimice ale sticlelor industriale tratate cu reagenți gazoși ce conțin fluorură

Proprietățile fizico-chimice ale produselor din sticla industrială tratate cu RCF sunt: mecanice (rezistența la compresiune, rezistența la șoc, microduritatea), termice (stabilitatea termică) și chimice (stabilitatea la apă și acizi). În condiții de fabricare a ambalajului din sticlă (butelii, borcane și flacoane), TTC cu reagenți gazoși a fost efectuată la etapa suflării curate, în timpul transportării produselor spre cuptorul de recoacere și în timpul recoacerii. Experimentele au fost efectuate la Fabrica de sticlă din Florești.

Unele rezultate ale experimentelor pentru TTC a buteliilor din sticlă transparentă incoloră sunt prezentate în tabelul 3.1.

Tabelul 3.1. Stabilitatea la apă a buteliilor pentru suc cu capacitatea 0,5 L tratate cu reagenți gazoși [3, 5]

Reagent gazos	Consumul de gaz pentru o butelie, mL	Partea de volum a gazului, %	Stabilitatea la apă a sticlei, mg Na_2O	Caracterul depunerii de dezalcalinizare
SO_2	5,0	1,0	0,045	Neînsemnat Intensiv
	25	5,0	0,060	
	NO_2	25	5,0	0,060
HCl	0,5	0,1	0,038	Urme
	5,0	1,0	0,000	Intensiv
	25	5,0	0,012	Strat ars
HF	0,5	0,1	0,000	Urme
	5,0	1,0	0,015	Intensiv
	25	5,0	0,020	Strat ars
CCl_2F_2	2,5	0,5	0,000	Intensiv
	5,0	1,0	0,012	Strat ars
$CCl_2F_2 + SO_2 (1:1)$	0,25	0,25	0,012	Intensiv
	0,5	0,5	0,000	Intensiv
	5,0	5,0	0,025	Strat ars
Fără TTC	-	-	0,096	Lipsesc

Cu cât depunerile sunt mai intense, cu atât este mai evident efectul de creștere a stabilității chimice a sticlei și acest fapt demonstrează datele din tabelul 3.1 [3,5].

În condiții de laborator TTC cu RCF, SO₂ și amestecul CF₂Cl₂ cu SO₂ în raportul de volum 1:1 sporește rezistența mecanică a sticlelor industriale cu 50-70 %, stabilitatea termică și microduritatea – 10-20 %.

Regimul optim de TTC a produselor industriale din sticlă cu reagenți gazoși în condiții de laborator este următorul: temperatura – de la 550 până la 600 °C, durata tratării – 15 minute, volumul reagentului gazos pentru o tratare – 15 L.

În condiții de fabricare, TTC a ambalajului din sticlă cu reagenți gazoși mărește rezistența mecanică a acestora în medie de la 10 până la 25 %, stabilitatea termică – cu 7-12 % și microduritatea – cu 10-20 % [5]. Regimurile optime pentru îmbunătățirea proprietăților fizico-chimice ale ambalajului, TTC cu RCF și clorură cu procesul dezalcalinizării în condiții de producere sunt: temperatura – de la 550 până la 650 °C, durata – de la 1 s până la 5 s, partea de volum a gazului la un produs (raportul volumului de gaz către capacitatea buteliei sau borcanului) – aproximativ de 1,0 %.

O îmbunătățire analogică a rezistenței mecanice se obține la acoperirea ambalajului cu diferiți compuși [9]. Nivelul atins de sporire a rezistenței mecanice va permite de a micșora pierderile de ambalaj din sticlă de câteva ori, atât la confecționarea, transportarea, cât și la ambalarea produselor alimentare. În afară de aceasta, sporirea nivelului minim al rezistenței mecanice a produselor din sticlă va permite de a micșora întreruperile utilajului de ambalare cu o productivitate înaltă.

3.3. Intensificarea procesului de dezalcalinizare al sticlelor industriale cu reagenți gazoși ce conțin fluorură

În lucrările anterioare, intensitatea dezalcalinizării sticlelor industriale și de model sintetizate cu gaze acide a fost caracterizată prin masa produșilor de reacție care s-au format pe suprafețele acestora [6, 7, 10]. Această metodă are dezavantaje semnificative. În primul rând, este imposibil să se compare capacitatea de reacționare a diferitor reagenți gazoși cu sticla care are aceeași compoziție, deoarece produșii de interacțiune au compoziții chimice și de fază diferite. În al doilea rând, este imposibil de comparat datele obținute pentru diferite durate de tratare a sticlei cu gaze acide. În literatură lipsesc criteriile de estimare a intensității dezalcalinizării sticlelor anorganice cu gaze acide.

În urma experimentelor efectuate, au fost elaborate următoarele criterii pentru evaluarea intensității dezalcalinizării sticlelor anorganice cu gaze acide: viteza de extracție a cationilor metalelor alcaline din SSS dezalcalinizate; grosimea produșilor de reacție pe suprafața mostrelor de sticlă; grosimea și gradul de dezalcalinizare a SSS; modificarea compoziției chimice a SSS și creșterea microdurității în stratul de sticlă dezalcalinizat.

Pentru calculul vitezei de extracție din sticlă a Me^+ de către gazele acide se folosește următoarea relație:

$$v_{\text{Me}^+} = C_{\text{Me}^+} \cdot V \cdot S^{-1} \cdot \tau^{-1}, \quad (3.5)$$

unde v_{Me^+} – viteza de extracție a Me^+ din sticlă, $\mu\text{mol Me}^+ / (\text{dm}^2 \text{ de suprafață a sticlei} \cdot \text{min})$; C_{Me^+} – concentrația Me^+ în soluția obținută după spălarea depunerilor de producție de reacție cu apă distilată, $\mu\text{mol Me}^+ / \text{dm}^3$; V – volumul soluției, dm^3 ; S – suprafața mostrei, dm^2 ; τ – durata tratării, min.

Cei mai importanți factori care influențează intensitatea dezalcalinizării sticlei de geam sunt temperatura și compoziția chimică a sticlei și a reagentului gazos.

Influența temperaturii asupra vitezei de dezalcalinizare a cationilor de Na^+ a sticlei de ambalaj transparentă decolorată, tratată cu unii reagenți gazoși, este prezentată în tabelul 3.2 [5].

Tabelul 3.2. Influența temperaturii asupra vitezei de dezalcalinizare a sticlei de ambalaj transparentă decolorată, tratată cu reagenți gazoși [5]
Regimul de TTC a mostrelor din sticlă cu reagenți gazoși:
 $t = 600 \text{ }^\circ\text{C}$, $v = 0,67 \text{ mol}$, $\tau = 15 \text{ min}$.

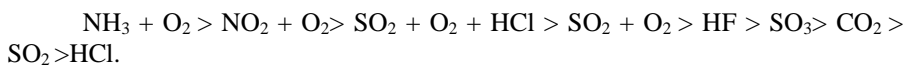
Temperatura, $^\circ\text{C}$	Viteza de dezalcalinizare, $\mu\text{mol Na}^+ / (\text{dm}^2 \cdot \text{min})$					
	SO_2	HCl	CHClF_2	CCl_2F_2	$\text{CHClF}_2 + \text{SO}_2$	Tratare termică repetată
300	0,18	0,29	0,14	0,17	0,24	0,09
400	0,81	1,26	0,52	0,67	1,14	0,11
500	1,46	2,07	1,70	1,88	2,95	0,14
600	2,02	3,79	3,87	4,07	11,27	0,23

Rezultatele prezentate în tabelul 3.2 demonstrează că dezalcalinizarea sticlei se intensifică odată cu creșterea temperaturii.

Analiza posibilității de interacțiune a componentilor sticlelor anorganice cu gaze acide este foarte importantă și constă în identificarea reagenților gazoși noi pentru intensificarea procesului de dezalcalinizare a sticlelor industriale cu aplicarea principiilor termodinamicii chimice. Este cunoscut faptul că din punct de vedere termodinamic criteriul posibilității decurgerii reacției chimice în condiții standard este valoarea negativă a variației energiei Gibbs.

Datele privind variația energiei Gibbs pentru reacțiile dintre oxizi și HF sunt prezentate în tabelul 3.3. Cea mai intensă creștere a valorii negative a variației energiei Gibbs a fost obținută pentru reacțiile dintre Na_2O și a K_2O cu HF la mărirea temperaturii de la 298 K până la 1000 K.

Posibilitatea reacțiilor dintre Na_2O și reagenții gazoși la temperatura 1000 K scade în următoarea consecutivitate:



Tabelul 3.3. Variația energiei Gibbs pentru reacțiile dintre oxizi și HF în condiții standard și la temperatura de 1000 K [11]

Ecuatiile reacțiilor dintre oxizi și HF	$\Delta_r G^0$ (298 K), kJ/mol	$\Delta_r G^0$ (1000 K), kJ/mol
$\text{Na}_2\text{O} + 2\text{HF} = 2\text{NaF} + \text{H}_2\text{O}$	163	-17102
$\text{K}_2\text{O} + 2\text{HF} = 2\text{KF} + \text{H}_2\text{O}$	-505	-17902
$\text{CaO} + 2\text{HF} = \text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{O}$	- 234	- 2298
$\text{MgO} + 2\text{HF} = \text{MgF}_2 + \text{H}_2\text{O}$	- 163	- 3329
$\text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{HF} = 2\text{AlF}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$	- 333	- 10418
B_2O_3 (s) + 6HF = 2BF ₃ + 3H ₂ O	-117	81370
B_2O_3 (c) + 6HF = 2BF ₃ + 3H ₂ O	-135	75583
$\text{SiO}_2 + 4\text{HF} = \text{SiF}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	- 104	4249

Utilizând analiza termodinamică au fost elaborate amestecuri din reagenți gazoși ($\text{SO}_2 + \text{HCl}$, $\text{SO}_2 + \text{CHClF}_2$ etc.) care mai intensiv dezalcalinizează sticlele industriale.

În rezultatul experimentelor promovate a fost stabilită dependența proprietăților fizico-chimice ale sticlelor industriale de regimul de TTC cu reagenți gazoși, viteza de extracție Me^+ , compoziția și structura stratului dezalcalinizat (tabelul 3.4).

Tabelul 3.4. Dependența proprietăților fizico-chimice ale sticlei de ambalaj decolorată de regimul de TTC cu reagenți gazoși în condiții de producere, viteza de extracție a cationilor de Na^+ , compoziția și structura stratului dezalcalinizat [5]

Regimul de tratare		Proprietățile sticlei		Viteza de extracție a Na^+ , $\mu\text{mol Na}^+ / (\text{dm}^2 \cdot \text{s})$	Caracteristica stratului dezalcalinizat al sticlei	
Reagent gazos	Temperatura, °C	Microduritatea, GPa	Stabilitatea la apă, mg Na_2O		Grosimea, μm	Concentrația relativă Na^+ , C_{min}/C_0
CCl_2F_2	500	3,90	0,029	6,8	0,4	0,5
	600	4,01	0,006	15,4	0,6	0,3
SO_2	600	3,84	0,045	4,7	0,3	0,6
CCl_2F_2 cu SO_2 (1:1)	600	4,11	0,003	28,9	0,8	0,2
Fără tratare	–	3,71	0,096	<0,1	–	–

Rezultatele obținute arată că îmbunătățirea maximă a proprietăților sticlei se asigură la grosimea maximă a stratului dezalcalinizat și gradul lui de dezalcalinizare.

Mecanismele de interacțiune ale sticlelor industriale cu CCl_2F_2 , CHClF_2 , HF , HCl , SO_2 și NO_2 , precum și amestecurile acestor gaze, în general, sunt asemănătoare și constau în dezalcalinizarea SSS la adâncimea de până la 1,0 μm cu un grad de dezalcalinizare de până la 85 %. Deci, intensificarea procesului de dezalcalinizare este favorabil pentru îmbunătățirea proprietăților de exploatare ale sticlelor industriale, în primul rând, pentru mărirea stabilității chimice, rezistenței mecanice, stabilității termice și a microdurității lor.

În cercetările efectuate s-a încercat de a intensifica procesul de dezalcalinizare a sticlelor industriale cu RCF cu ajutorul câmpurilor electrice și magnetice. A fost elaborat un procedeu de îmbunătățire a stabilității chimice și a proprietăților mecanice la produsele industriale din sticlă de diferite destinații, recoapte (adică după fasonarea lor) și a celor deja aflate la păstrare și exploatare. Pentru TTC au fost folosite diferite tipuri de produse din sticlă cave: ambalaj (butelii, borcane, flacoane), difuzoare, vase chimice de laborator și de menaj etc.

Utilitatea intensificării procesului de dezalcalinizare cu reagenți gazoși a fost confirmată prin brevetul de invenție al Republicii Moldova [12]. Esența brevetului dat constă în umplerea cavității produselor cave din sticlă cu reagent gazos la temperatura camerei, apoi încălzirea până la temperatura superioară de recoacerea a sticlei, după care se acționează cu câmp magnetic în impuls (CMI) și se răcesc treptat produsele până la temperatura camerei. Influența unor regimuri de tratare cu RCF și CMI asupra proprietăților buteliilor din sticlă este prezentată în tabelul 3.5.

Tabelul 3.5. Influența tratării buteliilor pentru sucuri cu capacitatea de 0,5 L cu RCF și CMI asupra proprietăților lor (temperatura – 550° C) [12]

Starea sticlei	RPIH, MPa	Stabilitatea la apă, mg Na ₂ O	Microduritatea, GPa
Fără tratare	1,38	0,095	4,16
TTC cu CCl_2F_2 (volumul - 0,25 mL)	1,40	0,087	4,15
TTC cu CCl_2F_2 (volumul - 1,0 mL)	1,44	0,042	4,22
TTC cu CCl_2F_2 (volumul - 2,0 mL)	1,47	0,012	4,31
TTC cu CHClF_2 (volumul - 1,0 mL)	1,42	0,048	4,20
TTC cu CHClF_2 (volumul - 2,0 mL)	1,45	0,015	4,28
TTC cu CCl_2F_2 și SO_2 (1:1) (volumul - 2,0 mL)	1,46	0,021	4,49
TTC cu CCl_2F_2 (volumul - 2,0 mL) și CMI (0,10 T)	1,58	0,009	4,65
TTC cu CHClF_2 (volumul - 2,0 mL) și CMI (0,10 T)	1,54	0,009	4,63
TTC cu CCl_2F_2 (volumul - 2,0 mL) și CMI (0,20 T)	1,70	0,000	4,71
TTC cu CCl_2F_2 și SO_2 (1:1) (volumul - 2,0 mL) și CMI (0,20 T)	1,75	0,000	4,81

Din datele prezentate în tabelul 3.5, se observă că cea mai mare creștere, atât a stabilității la apă a buteliilor, cât și a rezistenței mecanice și microdurității se obține atunci când produsele sunt tratate la o temperatură mai înaltă și la o valoare mai mare a modulului vectorului inducției magnetice. Stabilitatea chimică a sticlei recoapte după TTC și în CMI sporește de zeci de ori, rezistența mecanică crește până la 27 %, iar microduritatea – până la 16 %. Îmbunătățirea proprietăților produselor recoapte, utilizând tratarea combinată este legată cu intensificarea procesului de dezalcalinizare a sticlei cu reagenți gazoși în CMI. Efectul de îmbunătățire a proprietăților fizico-chimice ale ambalajului recopt este comparabil cu TTC a produselor proaspăt fasonate (în stare fierbinte) (vezi tabelele 3.1, 3.4 și 3.5).

Procedeu elaborat de „restabilire” a proprietăților fizico-chimice a mostrelor din sticla recoaptă este acceptabil atât pentru produse separate (de exemplu, exponate din muzeu), precum și pentru loturi mari. Avantajul procedurii dat constă în posibilitatea tratării concomitente a diferitor tipuri de produse din sticlă, și anume, cu compoziție chimică diferită.

În rezultatul îmbunătățirii proprietăților fizico-chimice se micșorează pierderile produselor industriale la etapele fabricării, depozitării, transportării și exploatării. Produsele industriale cu proprietăți de exploatare mai înalte sunt necesare pentru mărirea productivității liniilor moderne pentru împachetarea produselor alimentare în ambalaj din sticlă.

În condiții industriale TTC cu RCF și clorură sporește substanțial stabilitatea la apă a buteliilor. Experimental a fost stabilit că efectul obținut depinde de temperatura sticlei și a reagentului, compoziția sticlei, natura reagentului, partea de volum a reagentului gazos în produs, durata tratării, metoda de fasonare a ambalajului, capacitatea și configurația acestora.

Pentru clarificarea stabilității efectului obținut, un lot de butelii a fost tratat cu RCF și clorură și apoi depozitat. În timpul păstrării de cinci ani a buteliilor netratate cu reagenți gazoși stabilitatea la apă s-a înrăutățit și a încetat să corespundă cerințelor standardelor în vigoare. Totodată, buteliile dezalcalinizate cu gaze și cu suprafața modificată, practic nu au suferit schimbări ce țin de rezistența la apă.

4. INTERACȚIUNEA STICLELOR INDUSTRIALE CU REAGENȚI GAZOȘI CE CONȚIN FLUORURĂ FĂRĂ PROCESUL DEZALCALINIZĂRII

4.1. Proprietățile fizico-chimice ale sticlelor industriale tratate termochimic cu reagenți gazoși ce conțin fluorură fără procesul dezalcalinizării

Experimentele efectuate la Fabrica de sticlă din Florești au demonstrat că RCF activ dezalcalinizează sticla de ambalaj. În afară de procesul de

dezalcalinizare, a fost depistat și un alt mecanism de interacțiune a sticlelor industriale cu RCF.

O atenție deosebită trebuie acordată diferențelor dintre metodele de realizare a experimentelor privind TTC cu RCF în condiții de laborator și de producere. În primul rând, reagenții gazoși în condiții de producere reacționează mai bine cu suprafața produselor din sticlă proaspăt fasonate. Este dovedit faptul că suprafața produselor din sticlă, la această etapă, este mult mai activă în comparație cu suprafața produselor care au fost răcite și apoi reîncălzite în condiții de laborator. În al doilea rând, TTC a produselor din sticlă cu reagenți gazoși, în condiții de producere, nu încalcă starea naturală a suprafeței sticlei și nici condițiile de fabricare a acestora. Suprafața produselor din sticlă poate fi deteriorată când are loc realizarea experimentelor în condiții de laborator.

În al treilea rând, efectul reagenților gazoși asupra SSS industriale la etapa de formare are loc la o temperatură mai mare, în comparație cu experimentele promovate în condiții de laborator. Astfel, mostrele din sticlă după fasonare au temperatura ce variază între 600-900 °C, iar în cercetările efectuate în condiții de laborator mostrele pot fi încălzite până la 600 °C (pentru a evita distrugerea SSS).

În al patrulea rând, cercetările efectuate în condiții de laborator se realizează la instalația specială pentru TTC a produselor din sticlă cu RCF, iar mediul gazos din interiorul camerei cuptorului poate să aibă efect în timpul tratării. Materialul camerei cuptorului, de asemenea, poate să afecteze viteza de interacțiune a mostrelor din sticlă cu reagenții gazoși.

A cincea diferență constă în durata TTC a produselor din sticlă cu RCF. În condiții de laborator tratarea sticlei durează, de obicei, de la câteva minute până la câteva ore, pe când timpul de tratare a produselor proaspăt fasonate durează doar câteva secunde.

Următoarea diferență dintre TTC în condiții de laborator și de producere este modul de dozare și suflare a reagentului gazos asupra mostrelor din sticlă.

Argumentele menționate anterior, permit de a concluziona faptul că natura interacțiunii chimice a sticlelor anorganice cu reagenți gazoși poate fi diferită, în funcție de condițiile de tratare, respectiv și rezultatele cercetărilor realizate în condiții de laborator și de producere nu pot fi considerate identice.

Pentru ambalajul din sticlă până și după TTC cu RCF au fost determinate stabilitatea la apă, rezistența mecanică, microduritatea și stabilitatea termică.

Influența TTC cu RCF asupra stabilității la apă a sticlei transparent incoloră este redată în tabelul 4.1.

Stabilitatea la apă a buteliilor netratate conform cerințelor tehnice nu depășește 0,108 mg Na₂O. După tratarea cu RCF sporește brusc stabilitatea la apă a sticlei. Mărirea stabilității la apă a buteliilor supuse TTC cu RCF și clorură a fost obținută prin două regimuri diferite. În primul caz, în butelie s-a introdus un volum de reagent de la 2,0 până la 10,0 mL. În rezultatul interacțiunii pe suprafața sticlei

s-a format o depunere intensă albă ce caracterizează decurgerea procesului de dezalcalinizare. Microduritatea sticlei după dezalcalinizare crește cu 10-15 %.

Îmbunătățirea substanțială a stabilității la apă a buteliilor este realizată după un al doilea regim de tratare, când într-un produs s-a introdus mai puțin de 2,0 mL de gaz. Din datele expuse în tabel se vede că stabilitatea la apă a buteliilor în acest caz nu a depășit 0,003 mg Na₂O sau cationii de Na⁺ practic nu au fost extrași din sticlă în apă. Prin regimul dat de tratare la suprafața sticlei se observă doar urme de depuneri sau lipsa acestora.

Tabelul 4.1. Stabilitatea la apă a buteliilor din sticlă transparent incoloră pentru suc cu capacitatea 0,5 L tratate cu RCF [5]

Reagent gazos	Consumul de RCF pentru o butelie, mL	Partea de volum a RCF, %	Stabilitatea la apă a sticlei, mg Na ₂ O	Caracterul depunerii de dezalcalinizare
HF	0,5	0,10	0,000	Urme
	5,0	1,00	0,012	Intensiv
CCl ₂ F ₂	0,25	0,05	0,058	Lipsesc
	0,5	0,10	0,000	Urme
	2,0	0,40	0,003	Intensiv
CHClF ₂	0,25	0,05	0,062	Lipsesc
	0,5	0,10	0,000	Urme
	2,0	0,40	0,006	Intensiv
	10,0	2,00	0,009	Strat ars
Fără TTC	–	–	0,096	–

Pentru regimul optim la TTC a ambalajului din sticlă, volumul RCF și clorură pentru un produs constituie aproximativ 0,1-0,2 % din volumul lui.

Microduritatea sticlei, după un asemenea regim de tratare, nu se schimbă. Prin urmare, în acest caz, dezalcalinizarea suprafeței sticlei practic nu a avut loc. Astfel, o așa TTC, convențional, a fost numită „modificarea” suprafeței sticlei.

Experimentele au arătat că după TTC cu CCl₂F₂ și CHClF₂ fără procesul dezalcalinizării rezistența mecanică și stabilitatea termică a ambalajului din sticlă se mărește până la 10 %.

În baza cercetărilor efectuate a fost elaborat procedeul pentru îmbunătățirea proprietăților fizico-chimice ale sticlelor industriale, TTC cu RCF și clorură cu și fără procesul dezalcalinizării. Rezultate relevante au fost prezentate în brevetul de invenție de scurtă durată al Republicii Moldova nr. 1543 din 30 iunie 2021 [13,14], în care se propune tratarea concomitentă a produselor din sticlă prin acțiunea termomagnetică și termochimică cu reagenți gazoși. Obiectivul principal al acestei cercetări constă în creșterea stabilității chimice și proprietăților mecanice. Rezultatele unor experimente de tratare cu RCF și câmp magnetic constant (CMC) asupra proprietăților buteliilor din sticlă sunt prezentate în tabelul 4.2.

În rezultatul TTC a buteliilor cu CCl₂F₂ la temperatura de 550 °C cu procesul dezalcalinizării (regimul nr. 2) crește stabilitatea la apă a sticlei de șapte

ori, rezistența mecanică – cu 6,7 %, microduritatea – cu 4,0 %. După tratarea termomagnetică cu valoarea modulului vectorului inducției magnetice de 0,25 T, la temperatura de 600 °C crește rezistența mecanică a buteliilor cu 25,4 %, microduritatea – cu 12,3 %, iar stabilitatea la apă nu se schimbă.

Tabelul 4.2. Influența TTM și TTC cu reagenți gazoși a buteliilor pentru sucuri cu capacitatea de 0,5 L asupra proprietăților lor [13, 14]

Starea sticlei	RPIH, MPa	Stabilitatea la apă, mg Na ₂ O	Microduritatea, GPa
1. Fără tratare	1,34	0,092	4,23
2. TTC cu CCl ₂ F ₂ : t – 550 °C, volum – 2,0 mL	1,43	0,013	4,40
3. CMC – 0,25 T, t – 600 °C	1,68	0,092	4,75
4. TTC cu CCl ₂ F ₂ (2,0 mL) și CMC (0,25 T)	1,87	0,000	5,04
5. TTC cu CCl ₂ F ₂ : t – 550 °C, volum – 0,5 mL	1,40	0,000	4,26
6. TTC cu CCl ₂ F ₂ (0,5 mL) și CMC (0,25 T)	1,72	0,000	4,81

Îmbunătățirea proprietăților fizico-chimice ale buteliilor tratate concomitent cu CCl₂F₂ și cu câmpul magnetic este mai mare decât efectul sumar la tratarea separată termomagnetică și TTC cu reagenți gazoși. Efectul obținut se explică prin faptul realizării procesului de dezalcalinizare la temperatura mai înaltă comparând cu analogul proxim și al intensificării procesului de dezalcalinizare a sticlei cu reagenți gazoși în câmp magnetic (regimuri de tratare nr. 2, 3 și 4).

Stabilitatea la apă a buteliilor TTC cu CCl₂F₂ fără procesul dezalcalinizării (regimul nr. 5) crește de zeci de ori și nu se schimbă microduritatea, iar rezistența mecanică sporește cu 4,5 %. Tratarea concomitentă cu CMC și cu CCl₂F₂ fără procesul dezalcalinizării (regimul nr. 6) sporește stabilitatea la apă a sticlei de zeci de ori, rezistența mecanică – cu 28,4 %, microduritatea – cu 13,7 %. Efectul de îmbunătățire a rezistenței mecanice a buteliilor după regimul de tratare fără procesul dezalcalinizării este mai mic în comparație cu regimul de tratare cu procesul dezalcalinizării.

Eficacitatea sporirii proprietăților de exploatare ale ambalajului din sticlă TTC cu reagenți gazoși se compară cu tratarea termomagnetică [15], cu schimbul ionic din faza solidă [16], cu acoperirea prin depuneri de SnO₂ [9] și este mai joasă decât călirea [16].

4.2. Compoziția și structura straturilor superficiale ale sticlelor industriale modificate cu reagenți ce conțin fluorură

Pentru cercetarea mecanismului de interacțiune al sticlelor industriale cu RCF a fost analizată compoziția și SSS cu ajutorul SIR și a metodei secționării cu soluția HF. După tratarea sticlei de geam cu CHClF₂ fără procesul dezalcalinizării spectrul de reflecție practic este identic cu spectrul fără tratare. Rezultă că o așa

TTC nu provoacă dezalcalinizarea sticlei. În cazul dat regimul de TTC a sticlei cu CHClF_2 a fost: temperatura – $600\text{ }^\circ\text{C}$, cantitatea de reagent pentru o tratare – $0,67\text{ mol}$, durata tratării – estimativ câteva secunde.

În fig. 4.1 sunt prezentate dependențele grafice ale vitezei de dizolvare cu soluția HF a mostrelor de sticla TTC cu CHClF_2 cu și fără procesul dezalcalinizării.

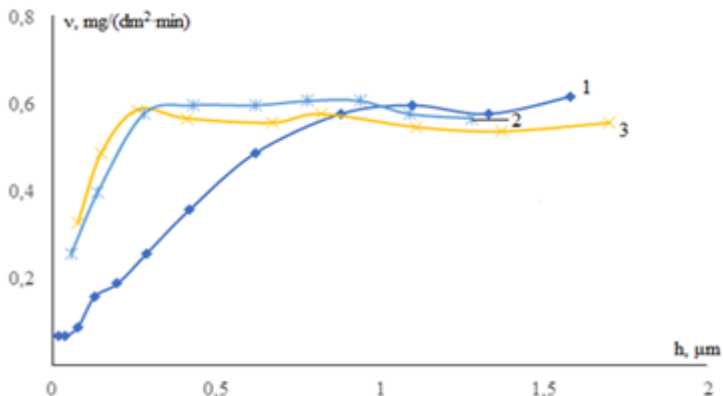


Fig. 4.1. Dependența vitezei dizolvării cu soluția HF a sticlei de geam, tratată cu CHClF_2 cu procesul dezalcalinizării (1), tratată cu CHClF_2 fără procesul dezalcalinizării (2) și netratată (3) [17]

Regimul de TTC a sticlei cu CHClF_2 cu procesul dezalcalinizării (curba 1) a fost următorul: temperatura – $600\text{ }^\circ\text{C}$, cantitatea de reagent pentru o tratare – $0,67\text{ mol}$, durata tratării – 15 min . În cel de al doilea caz, structura suprafeței sticlei a fost modificată fără procesul dezalcalinizării (curba 2) în condiții de laborator: temperatura – $600\text{ }^\circ\text{C}$, cantitatea de reagent pentru o tratare – $0,67\text{ mol}$, durata tratării – estimativ câteva secunde.

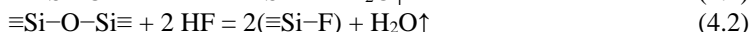
Dependența grafică 3 demonstrează că mostra netratată se dizolvă cu aceeași viteză medie, cu excepția unui strat superficial de aproximativ $0,2\text{ }\mu\text{m}$. Acest fapt se explică prin aceea că în procesul de formare a sticlei de geam există o evaporare parțială a cationilor alcalini. După TTC cu reagenți gazoși viteza de dizolvare a sticlei se reduce esențial la o adâncime de aproximativ $0,8\text{ }\mu\text{m}$. Micșorarea vitezei de dizolvare a sticlei după TTC este legată cu dezalcalinizarea stratului superficial și compactarea acestuia. După dizolvarea stratului dezalcalinizat la o adâncime de aproximativ $0,8\text{ }\mu\text{m}$ viteza de dizolvare a sticlei crește până la valoarea pe care o are sticla fără TTC.

În condiții de laborator, mostra din sticlă de geam a fost TTC cu CHClF_2 după regimul fără dezalcalinizare, însă cu îmbunătățirea esențială a stabilității la apă, asemănător cu experimentele efectuate cu ambalajul din sticlă în condiții de fabricare.

Dependențele grafice 3 și 2 (fig. 4.1) sunt apropiate atât după formă, cât și după viteza medie de dizolvare cu soluția HF a sticlei. În tot același timp, se observă diferența mare dintre dependențele grafice 1 și 2 după forma și viteza medie de dizolvare a sticlei, adică rezultă că TTC a sticlei de geam cu RCF și clorură după regimul de modificare a suprafeței nu este însoțit de dezalcalinizare.

Convențional interacțiunea sticlelor industriale cu RCF a fost divizată în trei stadii. Inițial reagentul gazos în produsul ferbinte se descompune, formând moleculele de HF (reacția 3.4). Apoi moleculele de HF se descompun în ioni și mai departe se modifică compoziția și structura suprafeței sticlei, adică a SSS. Posibil că, în cazul dat are loc o substituție pe suprafața sticlei a grupelor OH^- și parțial a anionilor punților de oxigen (aproximativ 3-5 % din toată cantitatea oxigenului din sticlă) cu anioni F^- , datorită razelor ionice apropiate, în rezultatul căreia se previne formarea a celor mai slabe legături de pe suprafața sticlei $\equiv\text{Si}-\text{OH}$ [18-20].

Reacția substituției pe suprafața sticlei poate fi prezentată în felul următor:



Dovezi directe privind substituția pe suprafața sticlelor industriale a grupelor OH^- și a părții anionilor punților de oxigen cu anionii de F^- lipsesc. În același timp, sunt unele date experimentale care demonstrează realitatea reacțiilor 4.1 și 4.2 [18-21].

Factorii principali ce contribuie la îmbunătățirea stabilității chimice, a rezistenței mecanice și a stabilității termice a sticlelor industriale, supuse TTC cu RCF și clorură fără procesul dezalcalinizării, sunt următorii:

- substituția pe suprafața sticlei a grupelor OH^- și a părții celor mai reactive a anionilor punților de oxigen cu anionii de F^- ;
- micșorarea rupturilor în rețeaua de tetraedre $[\text{SiO}_4]$. În mod experimental a fost stabilit că are loc reacția 4.2, însă ea are o influență foarte slabă [19].

Deci, a fost confirmat faptul că după TTC a produselor industriale din sticlă cu RCF și clorură fără procesul dezalcalinizării, stabilitatea chimică a sticlei crește de zeci de ori, iar rezistența mecanică și stabilitatea termică – cu 10-20 %. În același timp, microduritatea sticlei tratate practic nu se schimbă.

Regimurile favorabile pentru TTC calitativă a mostrelor din sticlă cu RCF și clorură fără procesul dezalcalinizării în condiții de laborator și de producere se elaborează în mod experimental în funcție de tehnologia de fasonare a produselor, forma și volumul lor etc.

A fost evaluată stabilitatea efectului de îmbunătățire a proprietăților fizico-chimice ale sticlelor industriale, TTC cu RCF și clorură fără procesul dezalcalinizării. La buteliile TTC cu RCF și clorură fără procesul dezalcalinizării stabilitatea la apă după cinci ani de păstrare în depozit, practic n-a fost afectată. În același timp, la buteliile netratate și păstrate în depozit stabilitatea la apă s-a înrăutățit considerabil, ceea ce nu corespunde condițiile standardului.

CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

1. Au fost caracterizate mecanismele de interacțiune ale sticlelor industriale și de model sintetizate prin TTC cu RCF și clorură cu și fără procesul dezalcalinizării și au fost stabiliți factorii care conduc la îmbunătățirea proprietăților fizico-chimice ale produselor industriale, ceea ce contribuie la stabilirea legăturii cu principiile fundamentale ale chimiei fizice.

2. S-au elaborat criteriile pentru aprecierea intensității și calității dezalcalinizării sticlelor industriale cu reagenți gazoși și a calității proprietăților fizico-chimice a produselor industriale, TTC cu RCF și clorură în condiții de laborator și de producere. Au fost elaborate criteriile pentru TTC cu RCF și clorură fără procesul de dezalcalinizării a produselor industriale din sticlă și îmbunătățite proprietățile fizico-chimice ale lor.

3. Cu aplicarea principiilor termodinamicii chimice au fost identificați reagenți gazoși noi și s-a stabilit compoziția chimică a sticlelor industriale și de model anorganice în scopul intensificării procesului de dezalcalinizare. În mod experimental a fost stabilit că amestecurile de SO_2 și RCF și clorură dezalcalinizează mai activ sticlele industriale. Dintre oxizii metalelor alcaline și alcalino-pământoase Na_2O reacționează mai activ cu gazele acide.

4. S-a stabilit dependența proprietăților fizico-chimice ale sticlelor industriale de regimul de TTC cu reagenți gazoși în condiții de laborator și de producere, viteza de extracție a cationilor de Na^+ și caracteristicile stratului dezalcalinizat.

5. Au fost realizate studii experimentale la Fabrica de sticlă din Florești și elaborate procedee pentru îmbunătățirea proprietăților fizico-chimice ale sticlelor industriale, TTC cu RCF cu și fără procesul de dezalcalinizării, susținute prin două brevete de invenție.

În baza concluziilor generale se pot face următoarele recomandări:

1. Pentru mărirea rezistenței mecanice și a microdurității sticlelor industriale, se recomandă de a asigura grosimea maximă a stratului dezalcalinizat.

2. Pentru sporirea rezistenței chimice a sticlelor industriale se recomandă de a obține gradul maxim de dezalcalinizare a stratului superficial.

3. Se recomandă utilizarea produselor industriale din sticlă cu proprietăți fizico-chimice mai înalte pentru o durată mai lungă de depozitare și exploatare, cât și la liniile moderne pentru împachetarea produselor alimentare în ambalaj din sticlă.

BIBLIOGRAFIE

1. SHARAGOV, V., **CURICHERU, G.**, LÎSENCO, G. Elaborarea metodicii de analiză termodinamică a posibilității de interacțiune a componentelor sticlelor anorganice cu gaze acide. In: *Conferința Științifică Internațională „Perspectivele și Problemele Integrării în Spațiul European al Cercetării și Educației”*. Cahul, 2019, pp. 349-352. ISSN 2587-3563.
2. ШАРАГОВ, В., **КУРИКЕРУ, Г.** Методика термохимической обработки образцов промышленных стекол газообразными реагентами в лабораторных условиях. In: *Conferința națională cu participare internațională „Știința în Nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective”*, Ed. a 4-a, 26-27 iunie 2020. Bălți, 2020, pp. 350-357. ISBN 978-9975-3382-6-4.
3. ȘARAGOV, Vasiliu, **CURICHERU, Galina.** Features of Chemical Interaction of Industrial Glasses with Fluorine- and Chlorine-Containing Gaseous Reagents. In: *Glass Physics and Chemistry*. 2018, vol. 44, No. 4, pp. 364-372. ISSN 1087-6596. (IF:0,726).
4. ȘARAGOV, Vasiliu, **CURICHERU, Galina.** Intensification of the Dealkalization Process of Silicate Glasses with Acid Gases. In: *Glass Physics and Chemistry*. 2023, vol. 49, No. 1, pp. 32-40. ISSN 1087-6596. (IF:1,4).
5. ȘARAGOV, Vasiliu, **CURICHERU, Galina, OLARU, Ion.** Cercetarea naturii de interacțiune a sticlelor industriale cu reagenți gazoși și câmpuri electromagnetice. În: *Chimie ecologică: istorie și realizări: Academicianul Gheorghe Duca, 70 ani de la naștere*. Chișinău: CEP USM, 2022, pp. 344-361. ISBN 978-9975-159-05-0.
6. QIAO, Q., GU, F., XIAO, T., YU, J. Synergetic effects of water and SO₂ treatments on mechanical and mechanochemical properties of soda lime silicate glass. In: *J. Non-Cryst. Solids*. 15 June 2021, vol. 562, 120774. ISSN 00223093.
7. RENGGLI, C. J., KING, P. L. SO₂ gas reactions with silicate glasses. In: *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*. 2018, vol. 84, pp. 229-255. ISBN 978-093-995028-7.
8. ȘARAGOV, V., **CURICHERU, G.**, LÎSENCO, G., ȚURCAN, I. Determinarea stabilității structurii straturilor superficiale ale buteliilor din sticlă verde-închis prin metoda secționării cu soluția HF. In: *Conferința națională cu participare internațională. Știința în Nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective. Ed. a 3-a, 21-22 iunie 2019*. Bălți, 2019, pp. 27-31. ISBN 978-9975-3316-1-6.
9. GULOYAN, Yu. A. Surface phenomena in glass technology (A review). In: *Glass and Ceramics*. 2006, vol. 63, No. 5-6, pp. 146-153. ISSN 1573-8515. Disponibil: DOI:10.1007/s10717-006-0063-3.
10. LIA, E. Yu. et al. Experimental Study of Sulfur Dioxide Interaction with Silicates and Aluminosilicates at Temperatures of 650 and 850°C. In: *Geochemistry International*, 2010, vol. 48, No. 10, pp. 1039-1046. ISSN 0016-7029.

11. ШАРАГОВ, В., ДУКА, Г., КУРІКЕРУ, Г., ЛИСЕНКО, Г. Термодинамічний аналіз можливості хімічної взаємодії неорганічних стеклол з фтористим воднем. В: *Збірник наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції "Хімічна та екологічна освіта: стан і перспективи розвитку"*. 24 вересня 2015. Вінниця, 2015, сс. 154-156. ISBN 978-966-924-102-3.
12. ŞARAGOV, V., CURICHERU, G. *Procedeu de tratare a produselor cave din sticlă*. Brevet de invenție al Republicii Moldova nr.1542 (13) Y, C03C 23/00. Universitatea de Stat „A. Russo” din Bălți. Nr. depozit S2019 0137. Data deposit 27.12.2019. In: BOPI. 2021, nr. 6, p. 60.
13. ŞARAGOV, V., CURICHERU, G. *Procedeu de tratare a produselor din sticlă*. Brevet de invenție al Republicii Moldova nr. 1543 (13) Y, C03C 23/00. Universitatea de Stat „A. Russo” din Bălți. Nr. depozit S20190136. Data deposit 27.12.2019. In: BOPI. 2021, nr. 6, p. 59.
14. ŞARAGOV, V., CURICHERU, G. Influența tratării concomitente cu reagenți gazoși și câmpuri electromagnetice asupra proprietăților fizico-chimice ale produselor industriale din sticlă. In: *Conferința științifică națională „Inovația: factor al dezvoltării social-economice”*. 17 decembrie 2022. Cahul: US, 2022, pp. 181-184. ISBN 978-9975-88-086-2.
15. АНДОНОВ, А., ВАСИЛЕВ, В. Качествен модел на въздействие на импулсни магнитни полета върху материали (стъкло). В: *Машиностроене и машинознание*. 2015, год X, кн. 3, сс. 54-57. ISSN 1312-8612.
16. KARLSSON, S., JONSON, B, Stålhandske, C. The Technology of Chemical Glass Strengthening – A Review. In: *Glass Technology – European Journal of Glass Science & Technology. Part A*, 2010, vol. 51(1). pp. 41-54.
17. CURICHERU, G. Elaborarea metodicii de secționare cu soluție HF pentru depistarea modificărilor structurale în sticla de geam tratată termochimic cu reagenți gazoși ce conțin fluorură și clorură. In: *Colocviu științific al doctoranzilor „Orientări actuale în cercetarea doctorală”*. Bălți, 2018, pp. 116-120. ISBN 978-9975-50-236-8.
18. БОЛЬШАКОВ, В. И. Стеклообразование в силикатных системах и некоторые свойства стеклол с заменой аниона кислорода на галоидные ионы. В: *Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта*. 2009, вып. 26, с. 112-122. ISSN 1993-9175.
19. ЧУКИН, Г. Д. *Химия поверхности и строение дисперсного кремнезёма*. Москва: Принта, 2008. 172 с. ISSN 0453-8811.
20. LOW, M. J. D., RAMASUBRAMANIAN, N., RAMAMURTHY, P. Reaction of HF with porous glass. In: *J. Am. Ceram. Soc.* 2006, vol. 52, № 3, pp. 124-126. ISSN 0002-7820.
21. ANDREEV, A., DUKELSKII, K., ERMAKOV, V. et. al. Investigation into doping of silica glasses with fluorine by modified chemical vapor deposition. In: *Glass Physics and Chemistry*. 2006, vol. 32, No. 1, pp. 33-37. ISSN 1087-6596.

LISTA PUBLICAȚIILOR LA TEMA TEZEI

1. Monografiile colective

1. ȘARAGOV, Vasilii, CURICHERU, Galina, OLARU, Ion. Cercetarea naturii de interacțiune a sticlelor industriale cu reagenți gazoși și câmpuri electromagnetice. In: *Chimie ecologică: istorie și realizări: Academicianul Gheorghe Duca, 70 ani de la naștere*. Chișinău: CEP USM, 2022, pp. 344-361. ISBN 978-9975-159-05-0.

2. Articole în reviste științifice

2.1. Articole în reviste internaționale cotate ISI și SCOPUS

1. ȘARAGOV, Vasilii, CURICHERU, Galina. Features of Chemical Interaction of Industrial Glasses with Fluorine- and Chlorine-Containing Gaseous Reagents. In: *Glass Physics and Chemistry*. 2018, vol. 44, No 4, pp. 364-372. ISSN 1087-6596. (IF:0,726).

2. ȘARAGOV, Vasilii, CURICHERU, Galina. Intensification of the Dealkalization Process of Silicate Glasses with Acid Gases. In: *Glass Physics and Chemistry*. 2023, vol. 49, No. 1, pp. 32-40. ISSN 1087-6596. (IF:1,4).

2.2. Articole în reviste din străinătate recunoscute

1. ШАРАГОВ, В., КУРИКЕРУ, Г. Факторы, влияющие на интенсивность выщелачивания тарного обесцвеченного стекла фторхлорсодержащими газообразными реагентами. В: *Журнал „Евразийский Союз Ученых”*. 2018, No. 11 (56) сс. 69-71. ISSN 2411-6467. (IF:0,833).

2. ШАРАГОВ, В., КУРИКЕРУ, Г. Упрочнение листового стекла термохимической обработкой фторхлорсодержащими газообразными реагентами. In: *„European multi science journal”*. 2018, No. 21, сс. 25-28.

3. KURIKERU, G. Термодинамічний аналіз можливості хімічної взаємодії компоненті в промислових стеклах з оксидами сульфуру. In: *SWorld Journal*. 2023, No. 19, pp 90-94. ISSN 2663-5712.

4. KURIKERU, G.I., SHARAGOV V.A., TSURKAN I.I. Повышение физико-химических свойств стеклянной тары термохимической обработкой фторхлорсодержащими газообразными реагентами. In: *Journal "Modern Scientific Researches"*. 2019, No. 9- 01, pp. 51-55. ISSN 2523-4692.

2.3. Articole în reviste din Registrul Național al revistelor de profil Categoria C:

1. ШАРАГОВ, В., КУРИКЕРУ, Г. Повышение химической устойчивости стеклянной тары термохимической обработкой фторсодержащими реагентами. In: *Revistă Tehnocopie*. 2014, nr. 1(10), pp. 37-43. ISBN 1857-3843.

2.4. Articole în reviste aflate în proces de acreditare

1. ШАРАГОВ В., КУРИКЕРУ Г. Характеристика эксплуатационных свойств стеклянной тары. In: *Revistă Tehnocopie*. 2018, nr. 1(18), pp.18-29. ISSN 1857-3843.

3. Articole în culegeri științifice

3.1. Articole în culegeri de lucrări ale conferințelor internaționale

1. ȘARAGOV, V., CURICHERU G. Influența tratării termochimice cu reagenți gazoși ce conțin fluorură și clorură asupra stabilității la acizi a suprafeței

buteliilor din sticlă verde-închis. In: *Conferința științifică națională cu participare internațională. Integrare prin cercetare și inovare. Rezumate ale comunicărilor*. Chișinău, 2018, pp. 246-248. ISBN 976-9975-142-49-6.

2. ȘARAGOV, Vasiliu, **CURICHERU, Galina**. Cercetarea interacțiunii sticlelor silicatică cu reagenți, ce conțin fluorură. In: *Perspectivile și problemele integrării în Spațiul European al Învățământului superior, 5 iunie 2014*. Cahul, 2014, vol. 2, pp. 363-366. ISBN 978-9975-914-92-5.

3. SHARAGOV, V., **CURICHERU, G.**, LÎSENCO, G. Elaborarea metodicii de analiză termodinamică a posibilității de interacțiune a componentilor sticlelor anorganice cu gaze acide. In: *Conferința Științifice Internaționale „Perspectivile și Problemele Integrării în Spațiul European al Cercetării și Educației”*. Cahul, 2019, pp. 349-352. ISSN 2587-3563.

4. SHARAGOV, V., RAIFURA, S., **CURICHERU, G.**, LÎSENCO, G., ȚURCAN, I. Stabilitatea vitezei de dizolvare secționată a sticlei de ambalaj transparent incoloră cu soluția HF. In: *Conferința Științifice Internaționale „Perspectivile și Problemele Integrării în Spațiul European al Cercetării și Educației”*. Cahul, 2019, pp. 359-363. ISSN 2587-3563.

5. ȘARAGOV, V., **CURICHERU, G.** Tratarea termochimică a produselor din sticlă cu reagenți ce conțin fluorură și clorură: avantaje și dezavantaje. In: *Conferința științifică Internațională „Perspectivile și problemele integrării în spațiul european al cercetării și educației”*. Cahul: USC, 2022, vol. IX, partea 1, pp. 457-462. ISSN 2587-3563. E-ISSN 2587-3571.

6. **CURICHERU, G.** Determinarea factorilor care influențează microduritatea sticlelor industriale din poziția analizei de sistem. In: Conferința științifică Internațională „*Perspectivile și problemele integrării în spațiul european al cercetării și educației*”. Cahul: USC, 2022, vol. IX, partea 1, pp. 452-456. ISSN 2587-3563. E-ISSN 2587-3571.

7. ШАРАГОВ. А., **КУРИКЕРУ Г.** Характеристика поверхностных слоев промышленных стекол, модифицированных фторхлорсодержащими реагентами. In: *Materials of international scientific – practical conference structural relaxation in solids. May 26-28, 2015*. Vinnitsa, 2015, pp. 138-140. ISBN 978-966-2337-43-3.

8. ШАРАГОВ, В., ДУКА, Г., **КУРИКЕРУ, Г.**, ЛИСЕНКО, Г. Термодинамічний аналіз можливості хімічної взаємодії неорганічних стекол з фтористим воднем. В: *Збірник наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції “Хімічна та екологічна освіта: стан і перспективи розвитку”*. Вінниця, 2015, сс. 154-156. ISBN 978-966-924-102-3.

9. ШАРАГОВ, В., **КУРИКЕРУ Г.** Эксплуатационные свойства стеклянной тары, термомехически обработанной фторсодержащими реагентами. В: *7 международная конференция „Стеклопрогресс-XXI”*. Саратов, 2014, сс. 108- 111. ISBN 978-5-9906109-7-2.

10. ШАРАГОВ, В., ДУКА, Г., КУРИКЕРУ, Г. Повышение кислотостойчивости поверхности тарного обесцвеченного стекла термохимической обработкой фторхлорсодержащими газообразными реагентами. В: *Збірник наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції "Хімічна та екологічна освіта: стан і перспективи розвитку"*. Вінниця, 2017, сс. 208-210. ISBN 978-966-924-684-4.

11. ШАРАГОВ, В., КУРИКЕРУ, Г. Застосування системного аналізу для визначення факторів, що впливають на хімічну стійкість промислових скловиробів. В: *Збірник наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції "Актуальні питання підготовки майбутнього вчителя хімії: теорія і практика"*. Вінниця, 2018, сс. 81-85. ISBN 978-966-924-764-3.

12. ШАРАГОВ, В., КУРИКЕРУ, Г. Механізм підвищення мікротвердості листового скла, термохімічно обробленого фторхлормісткими газоподібними реагентами. В: *Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції "Структурна релаксація у твердих тілах"*. Вінниця, 2018, сс. 87-89. ISBN 978-966-2337-43-3.

13. ШАРАГОВ, В., КУРИКЕРУ, Г. Шляхи інтенсифікації процесу вилуговування промислових стекол кислотними газами. В: *Хімічна наука та освіта в контексті сучасних інтеграційних процесів: збірник наукових праць, за матеріалами Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції з міжнародною участю, 21 жовтня 2020*. Київ, 2020, сс. 23-25.

14. КУРИКЕРУ Г., ШАРАГОВ В. Методика оцінювання інтенсивності вилуговування промислових стекол фторхлормісткими газоподібними реагентами. В: *Хімічна та екологічна освіта: стан і перспективи розвитку: збірник матеріалів II Міжнародної науково-практичної (дистанційної) конференції*. Вінниця, 2020, сс. 140-143.

15. ШАРАГОВ, В., КУРИКЕРУ, Г. Застосування системного аналізу для визначення факторів, що впливають на механічну міцність скляної тари. In: *Materials of VII international scientific - practical conference Structural relaxation in solids. May 25 – 27, 2021*. Vinnytsia, 2021, pp. 63-66. ISBN 978-966-949-540-2.

16. КРЫШМАРУ Г. Методика HF-секционирования промышленных стекол. In: *Materialele Conferinței științifice a studenților și masteranzilor. Experiența de cercetare-componență indispensabilă a formării de specialitate. Ediția A V-A*. Bălți, 2010, pp. 178-183.

3.2. Articole în culegeri de lucrări ale conferințelor naționale

1. ŞARAGOV, V., CURICHERU, G. Deosebiriile interacțiunilor chimice ale suprafeței sticlei de ambalaj incoloră transparentă, tratată termochimic cu reagenți, ce conțin fluorură și clorură. In: *Conferința științifică națională cu participare internațională. Integrare prin cercetare și inovare. Rezumate ale comunicărilor*. Chișinău, 2015, pp.135-138. ISBN 978-9975-71-705-2.

2. **CURICHERU, G.** Elaborarea metodicii de secționare cu soluție HF pentru depistarea modificărilor structurale în sticla de geam tratată termochimic cu reagenți gazoși ce conțin fluorură și clorură. În: *Colocviu științific al doctoranzilor „Orientări actuale în cercetarea doctorală”*. Bălți, 2018, pp. 119-123. ISBN 978-9975-50-236-8.

3. **ȘARAGOV, V., CURICHERU, G.** Influența tratării concomitente cu reagenți gazoși și câmpuri electromagnetice asupra proprietăților fizico-chimice ale produselor industriale din sticlă. În: *Conferința științifică națională „Inovația: factor al dezvoltării social-economice”, 17 decembrie 2021*. Cahul: US, 2022, pp. 181-184. ISBN 978-9975-88-086-2.

4. **ШАРАГОВ, В., КУРИКЕРУ, Г., ЛЫСЕНКО, Г.** Термодинамический анализ возможности химического взаимодействия неорганических стекол с хлоридом водорода. În: *Conferința națională cu participare internațională. Știința în Nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective, 25-26 septembrie*. Bălți, 2015, pp. 10-13. ISBN 978-9975-3054-5-7.

5. **ШАРАГОВ, В., КУРИКЕРУ, Г.** Методика термохимической обработки образцов промышленных стекол газообразными реагентами в лабораторных условиях. În: *Conferința națională cu participare internațională „Știința în Nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective”: Ed. a 4-a, 26-27 iunie 2020*. Bălți, 2020, pp. 350-357. ISBN 978-9975-3382-6-4.

6. **CRÎȘMARU, G., ȚAP, A.** Исследование химического взаимодействия тарного обесцвеченного стекла с дифтордихлорметаном. În: *Interuniversitaria. Materialele Conferinței științifice a studenților și masteranzilor. Ediția a VI-a*. Bălți, 2011, pp. 88-92. ISBN 978-9975-50-063-0.

4. Materiale/ teze la forurile științifice

4.1. Materiale/ teze la conferințe internaționale (peste hotare)

1. **ШАРАГОВ, В., КУРИКЕРУ, Г.** Термодинамічний аналіз механізму хімічної взаємодії промислових стекол з фторхлормісткими реагентами. В: *III Всеукраїнська науково-технічна конференція “Сучасні тенденції розвитку і виробництва силікатних матеріалів”*. Львів, 2016, сс. 18-20. ISBN 978-617-7359-48-6.

2. **ШАРАГОВ, В., КУРИКЕРУ, Г.** Особенности химического взаимодействия промышленных стекол с фторхлорсодержащими реагентами. В: *Сборник тезисов международной Конференции. «Стекло: наука и практика» GlasSP2017*, Санкт-Петербург, 2017, сс. 102-104. ISBN 978-5-00105-203-6.

3. **ШАРАГОВ, В., КУРИКЕРУ, Г.** Интенсификация процесса выщелачивания силикатных стекол кислотными газами. В: *Третья Российская конференция с международным участием “Стекло: наука и практика”*. Сборник тезисов. 13 – 17 сентября 2021. Санкт-Петербург, 2021, сс. 84-86. ISBN 978-5-00105-649-2.

4. **SHARAGOV, V., RAIFURA, S., CURICHERU, G.** Determination of the thickness of dealcalized layer of glass and the degree of dealcalization using the

method of the section etching by HF solution. In: *12th Conference on the science and engineering of oxide materials. CONSILOX*. Sinaia, 2016, pp. 110-111. ISSN 2285-6145.

5. ŞARAGOV, V., CURICHERU, G. Identification of Reaction Products of Inorganic Glasses with Fluorine- and Chlorine-Containing Reagents Using the Thermal Methods of Analysis. In: *Book of Abstracts of the 34th International Conference on Vacuum Microbalance and Thermoanalytical Techniques (ICVMTT34) and International Conference Modern problems of surface chemistry*. May 19-23, 2014. Kyiv, 2014, p. 54. ISBN 978-966-02-7210-1.

6. SHARAGOV V., CURICHERU G. Improving physical and chemical properties of container glass by treatment with gaseous reagents. In: *The 8th International Conference on Modern Manufacturing Technologies in Industrial Engineering. Book of Abstracts. ModTech 2020. Online edition. June 23rd-27th 2020*. Iași, 2020, p. 152. ISSN 2286-4369.

7. SHARAGOV, V., CURICHERU, G. Dealkalization of sheet glass with gaseous reagents in the electric field. In: *The 9th International Conference on Modern Manufacturing Technologies in Industrial Engineering. Book of Abstracts. Online edition June 23rd-27th 2021*. Iasi, 2021, p. 138. ISSN 2286-4369.

8. SHARAGOV, V., CURICHERU, G. Criteria for estimating the intensity of dealkalization process of inorganic glasses with gaseous reagents. In: *13th Conference on science and engineering of oxide materials. Book of Abstracts. 1 – 3 Octombrie 2021*. Alba-Iulia, 2021, pp. 80-81.

9. CURICHERU, G. Analysis of the composition of the reaction products of silicate glasses with fluorine- and chlorine-containing reagents. In: *13th Conference on science and engineering of oxide materials. Book of Abstracts. 1 – 3 Octombrie 2021*. Alba-Iulia, 2021, pp.82-83.

10. SHARAGOV, V., CURICHERU, G. Determining the degree of homogeneous dealkalization of glass surface with acid gases. In: *The 11th International Conference Modern Technologies in Industrial Engineering. ModTech 2023. June 14th-17th 2023*. Iasi, 2023, p. 80. ISBN 2286-4369.

4.2. Materiale/ teze la conferințe internaționale în republică

1. ШАРАГОВ, В., КУРИКЕРУ, Г. Характеристика методов определения механических свойств стеклянных банок. In: *The 9th International Conference on Microelectronics and Computer Science and The 8th Conference of Physicists of Moldova*. Chișinău, 2017, p. 489. ISBN 978-9975-4264-8.

2. DUCA, G, ŞARAGOV, V., CURICHERU, G. Factors, affecting the process of dealkalization of industrial glasses with fluorine-and chlorine-containing reagents. In: *Abstracts of communications. The International Conference dedicated to the 55th anniversary from the foundation of the Institute of Chemistry of the Academy of Sciences of Moldova. May 28 -30, 2014*. Chișinău, 2014, p. 39.

3. SHARAGOV, V., **CURICHERU, G.** Microhardness of container colorless glass thermochemically treated with fluorine- and chlorine-containing gaseous reagents. In: *8th International Conference on materials science and condensed matter physics*. Chișinău, 2016, p. 356. ISBN 978-9975-9787-1-2.

4. ȘARAGOV, V., DUCA, G., **CURICHERU, G.** Identification of the dealcalization proces of container glass with fluorile-and chlorine-containg reagents using ir spectrocopy. In: *7th International Conference on materials science and condensed matter physics*. Chișinău, 2014, p. 290.

5. ȘARAGOV, V., **CURICHERU G.** Revealing reasons of decrease in mechanical strength of glass containers at the production stage. In: *9th International Conference on materials science and condensed matter physics*. Chișinău, 2018, p. 274. ISBN 978-9975-142-35-9.

6. ȘARAGOV, V., **CURICHERU, G.** The study of the chemical interaction of container transparent colorless glass with hydrogen fluoride. In: *International Conference „Achievements and perspectives of modern chemistry”*. Chișinău, 2019, p. 142. ISBN 978-9975-62-428-2.

4.3. Materiale/ teze conferințe cu participare internațională

1. ȘARAGOV, V., **CURICHERU G.** Influența tratării termochimice cu reagenți gazoși ce conțin fluorură și clorură asupra stabilității la acizi a suprafeței buteliilor din sticlă verde-închis. In: *Conferința științifică națională cu participare internațională. Integrare prin cercetare și inovare. Rezumate ale comunicărilor*. Chișinău, 2018, pp. 246-248. ISBN 976-9975-142-49-6.

2. ȘARAGOV, V., **CURICHERU, G.,** LÎSENCO, G., ȚURCAN, I. Determinarea stabilității structurii straturilor superficiale ale buteliilor din sticlă verde-închis prin metoda secționării cu soluția HF. In: *Conferința națională cu participare internațională. Știința în Nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective*. Bălți, 2019, pp. 27-31. ISBN 978-9975-3316-1-6.

3. ШАРАГОВ, В., **КУРИКЕРУ, Г.** Состав продуктов реакции промышленных стекол фторсодержащими реагентами. In: *Conferința științifică națională cu participare internațională. Integrare prin cercetare și inovare. Rezumate ale comunicărilor. Noiembrie 10-11, 2014*. Chișinău, 2014, pp. 82-85. ISBN 978-9975-71-571-3.

4.4. Materiale/ teze la conferințe naționale

1. **CURICHERU, G.** Determinarea compoziției produșilor reacției a sticlelor industriale cu reagenți ce conțin fluorură și clorură. In: *Colocviul științific orientări actuale în cercetarea doctorală ediția a VII-a*. Bălți, 2017, p. 23. ISBN 978-9975-50-207-8.

5. Brevete de invenții, patente, certificate de înregistrare, materiale la saloanele de invenții

1. ȘARAGOV, V., **CURICHERU, G.** *Procedeu de tratare a produselor cave din sticlă*. Brevet de invenție al Republicii Moldova 1542 (13) Y, C03C

23/00. Universitatea de Stat „A. Russo” din Bălți. Nr. depozit S2019 0137. Data depozit 27.12.2019. In: BOPI. 2021, nr. 6, p. 60.

2. ȘARAGOV, V., **CURICHERU, G.** *Procedeu de tratare a produselor din sticlă*. Brevet de invenție al Republicii Moldova 1543 (13) Y, C03C 23/00. Universitatea de Stat „A. Russo” din Bălți. Nr. depozit S20190136. Data depozit 27.12.2019. In: BOPI. 2021, nr. 6, p. 59.

3. ȘARAGOV, V., **CURICHERU, G.** *Procedeu de tratare a produselor cave din sticlă / The process for treating hollow glassware*. In: *Expoziția Internațională Specializată INFOINVENT 2021. Ediția a XVII-a, 17-20 noiembrie 2021*. Chișinău, 2021, p. 50.

4. ȘARAGOV, V., **CURICHERU, G.** *Procedeu de tratare a produselor din sticlă / The process for treating glassware*. *Expoziția Internațională Specializată INFOINVENT 2021. Ediția a XVII-a, 17-20 noiembrie 2021*. Chișinău, 2021, p. 51.

5. ȘARAGOV, V., **CURICHERU, G.** *The process of modification of composition and structure of the surface layers of inorganic glasses*. In: *The XIX-th International Exhibition of Research, Innovation and Technological Transfer „Inventica 2015”*. Iași, 2015, p. 332. ISSN 1844-7880.

6. ȘARAGOV, V., **CURICHERU, G.** *The combined process of improving physical and chemical properties of industrial glassware*. In: *The XXI-th International Exhibition of Inventics „Inventica 2017”*. Iași, 2017, p. 172. ISSN 1844-7880.

7. ȘARAGOV, V., **CURICHERU, G.** *Technology of improving thermomechanical properties of glassware* In: *The XXII- International Salon of Research, Innovation and Technological Transfer „Inventica 2018”*. Iași, 2018, p. 296. ISSN 1844-7880.

8. ȘARAGOV, V., **CURICHERU, G., LÎSENCO, G., ȚURCAN, I.** *The technique for determining the degree of structure heterogeneity of surface layers of industrial glassware*. In: *The 23rd International Exhibition of Inventics „INVENTICA 2019”*. Iași, 2019, p. 276. ISSN 1844-7880.

9. ȘARAGOV, V., **CURICHERU, G., LÎSENCO, G.** *The technique of determining the real thermal resistance of industrial glassware*. In: *The 23rd International Exhibition of Inventics „INVENTICA 2019”*. Iași, 2019, p. 277. ISSN 1844-7880.

10. ȘARAGOV, V., **CURICHERU, G.** *The technique of dealkalization intensification of industrial glasses with fluorine- and chlorine-containing gaseous reagents*. In: *The 24th international exhibition of inventions Inventica 2020, July 29-31, 2020*. Iași, 2020, p. 409. ISSN 1844-7880.

ADNOTARE

Curicheru Galina, „Modificarea compoziției și a structurii straturilor superficiale ale sticlelor anorganice tratate termochimic cu reagenți gazoși, ce conțin fluorură”, teză de doctor în științe chimice. Bălți, Republica Moldova, 2023.

Structura tezei: introducerea, 4 capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie din 239 titluri, 121 pagini text de bază, 3 anexe, 52 figuri, 31 tabele. Rezultatele obținute sunt publicate în 59 lucrări științifice și 2 brevete de invenție.

Cuvinte-cheie: dezalcalinizare, reagenți ce conțin fluorură (RCF), sticlă anorganică, tratare termochimică (TTC), stabilitate chimică.

Scopul cercetării constă în cercetarea interacțiunii sticlelor anorganice cu reagenți gazoși ce conțin fluorură.

Obiectivele cercetării: identificarea produșilor reacției dintre sticlele anorganice și reagenți gazoși; analiza compoziției și structurii straturilor superficiale ale sticlelor industriale TTC cu RCF; determinarea proprietăților fizico-chimice ale sticlelor industriale TTC cu RCF; stabilirea regimurilor optime pentru îmbunătățirea proprietăților fizico-chimice ale sticlelor industriale TTC cu RCF; intensificarea procesului de dezalcalinizare ale sticlelor industriale tratate cu reagenți gazoși.

Noutatea și originalitatea științifică a cercetării constă în elaborarea criteriilor pentru evaluarea intensității procesului de dezalcalinizare a sticlelor anorganice cu reagenți gazoși. Cu aplicarea principiilor termodinamicii chimice au fost identificați reagenți gazoși noi și s-a stabilit compoziția chimică a sticlelor industriale și de model anorganice în scopul intensificării procesului de dezalcalinizare. Au fost stabilite criteriile pentru identificarea procesului TTC a mostrelor din sticlă industrială cu RCF fără procesul de dezalcalinizării. Au fost elaborate criteriile pentru aprecierea calității de modificare a compoziției și structurii straturilor superficiale ale sticlelor industriale TTC cu RCF cu și fără procesul de dezalcalinizării.

Rezultatele obținute care contribuie la soluționarea problemei științifice importante constă în intensificarea procesului de dezalcalinizare al sticlelor silicatică TTC cu RCF, ce este favorabil pentru îmbunătățirea proprietăților fizico-chimice ale produselor industriale.

Semnificația teoretică a lucrării constă în fundamentarea cunoștințelor în domeniul chimiei fizice a sticlelor silicatică cu privire la compoziția, structura și omogenitatea lor. A fost precizat mecanismul de formare a stratului modificat al sticlelor silicatică TTC cu RCF sub influența factorilor externi. Au fost determinați factorii principali ce duc la îmbunătățirea stabilității chimice, rezistenței mecanice, microdurității și a stabilității termice ale sticlelor industriale, TTC cu RCF în procesul de dezalcalinizării.

Valoarea aplicativă a lucrării constă în elaborarea regimurilor optime de TTC cu RCF și clorură cu și fără procesul de dezalcalinizării în condiții industriale pentru îmbunătățirea proprietăților fizico-chimice a ambalajului din sticlă. Au fost determinați factorii care influențează modificarea compoziției și structurii straturilor superficiale ale sticlelor industriale TTC cu RCF cu și fără procesul de dezalcalinizării. Metoda de TTC cu RCF este cea mai eficientă pentru sporirea stabilității chimice la apă și acizi ale sticlelor industriale, precum și pentru creșterea rezistenței mecanice cu 20-30 %, a microdurității și a stabilității termice – cu 5-10 %.

Implementarea rezultatelor științifice. Au fost efectuate experimente la Fabrica de sticlă din Florești și elaborate procedee pentru îmbunătățirea proprietăților fizico-chimice a sticlelor industriale, TTC cu RCF cu și fără procesul de dezalcalinizării susținute de două brevete de invenție.

ANNOTATION

Curicheru Galina, „Modification of the composition and structure of the surface layers of inorganic glasses thermochemically treated with gaseous reagents containing fluoride ion”, PhD thesis in chemical sciences. Balti, Republic of Moldova, 2023.

Structure of the thesis: introduction, four chapters, general conclusions and recommendations, references contains 239 titles, 121 pages of basic text, 31 tables, 52 figures and 3 annexes. The results are published in 59 scientific papers and 2 invention patents.

Keywords: dealkalinization, reagents containing fluoride ion (RCF), inorganic glass, thermochemical treatment (TCT), chemical stability.

The purpose of the research consists is to investigate the interaction of inorganic glasses with gaseous reagents (GR) containing fluoride ion.

Objectives of the thesis: identification of the reaction products of inorganic glasses with GR; analysis of the composition and structure of the superficial layers of industrial glassware TCT with RCF; determining the physico-chemical properties of industrial glassware TCT with RCF; establishing the optimal regimes for improving the physico-chemical properties of industrial glassware TCT with RCF; intensification of the dealkalinization process of industrial glassware treated with GR.

Scientific novelty and originality of the research consists in the development for the criteria for evaluating the intensity of the dealkalinization process of inorganic glasses with GR. The new GR and the chemical composition of industrial glasses that are more favorable for the intensification of the dealkalinization process based on the application of the principles of chemical thermodynamics were identified. The criteria for detecting the TCT process of RCF industrial glass samples without the dealkalinization process were established. The criteria for assessing the quality of the process of modifying the composition and structure of the superficial layers of glassware TCT with RCF with and without the dealkalinization process were developed.

The results obtained that contribute to solving the important scientific problem consist in the intensification of the dealkalinization process of silicate glasses treated with GR, which is favorable for improving the physico-chemical properties of industrial glassware.

The theoretical significance of the work consists in the foundation of knowledge in the field of physical and chemistry of silicate glasses regarding their composition, structure and homogeneity. The mechanism of formation of the modifying layer of TCT silicate glasses with RCF under the influence of external factors was specified. The main reasons for the improvement of chemical resistance, mechanical resistance, microhardness and thermal stability of industrial glasses,

The applicative value of the work consists in the development of optimal regimes of TCT with RCF and chloride with and without the dealkalinization process in industrial conditions for improving the physico-chemical properties of the container. The factors that influence the change in the composition and structure of the surface layers TCT of industrial glassware with RCF with and without the process of dealkalinization were determined. The TCT method with RCF is the most effective for increasing the chemical resistance to water and acids of industrial glasses and at the same time increases the mechanical resistance by 20-30 %, microhardness and thermostability - by 5-10 %.

Implementation of scientific results. Experiments were carried out at the Floresti Glass Factory and procedures were developed to improve the properties of industrial glasses, TCT with RCF with and without the process of dealkalinization covered by two invention patents.

АННОТАЦИЯ

Курикеру Галина, „ Модификация состава и структуры поверхностных слоев неорганических стекол, термохимически обработанных газообразными реагентами, содержащими фторид-ион”, докторская диссертация по химическим наукам, Бельцы, Республика Молдова, 2023 г.

Структура диссертации: введение, 4 главы, общие выводы и рекомендации, библиография из 239 наименований, 121 страница основного текста, 3 приложения, 52 рисунка, 31 таблиц. Полученные результаты опубликованы в 59 научных работах.

Ключевые слова: выщелачивание, реагенты содержащие фторид-ион (РСФ), неорганическое стекло, термохимическая обработка (ТХО), химическая стойкость.

Цель исследования состоит в изучении взаимодействия неорганических стекол с газообразными реагентами (ГР), содержащими фторид-ион.

Задачи исследования: идентификация продуктов реакции неорганических стекол с ГР; анализ состава и структуры поверхностных слоев промышленных стекол ТХО РСФ; определение физико-химических свойств (ФХС) промышленных стекол, ТХО РСФ; установление оптимальных режимов повышения ФХС промышленных стекол, ТХО РСФ; интенсификация процесса выщелачивания промышленных стекол, обработанных ГР.

Научная новизна и оригинальность исследования заключается в разработке критериев оценивания интенсивности процесса выщелачивания неорганических стекол ГР. Идентифицированы новые ГР и химический состав промышленных и модельных неорганических стекол наиболее благоприятные для интенсификации процесса выщелачивания на основе применения принципов химической термодинамики. Установлены критерии для идентификации процесса ТХО образцов промышленных стекол РСФ без процесса выщелачивания. Установлена зависимость ФХС промышленных стекол от режима ТХО ГР, скорости экстракции Me^+ , состава и структуры выщелоченного слоя. Разработаны критерии оценивания качества модификации состава и структуры поверхностных слоев промышленных стекол ТХО РСФ выщелачиванием и без него.

Полученные результаты, способствующие решению важной научной задачи, заключаются в интенсификации процесса выщелачивания силикатных стекол ТХО РСФ, что является благоприятным для повышения свойств промышленных изделий.

Теоретическая значимость работы заключается в фундаментализации знаний в области физической химии силикатных стекол относительно их состава, строения и однородности. Уточнен механизм формирования модифицированного слоя силикатных стекол ТХО РСФ под воздействием внешних факторов. Определены основные факторы, способствующие повышению химической стойкости, механических свойств и термостойкости промышленных стекол при выщелачивании их ТХО РСФ.

Прикладная ценность работы заключается в разработке оптимальных режимов ТХО РСФ в промышленных условиях путем выщелачивания и без него для повышения ФХС тары. Определены факторы, влияющие на изменение состава и структуры поверхностных слоев промышленных стекол ТХО РСФ за счет выщелачивания и без него. Метод ТХО РСФ является наиболее эффективным для повышения химической стойкости к воде и кислотам промышленных стекол и одновременно повышает их механическую прочность на 20-30 %, микротвердость и термостойкость - на 5-10 %.

Внедрение научных результатов. На Флорешском стекольном заводе проведены эксперименты и разработаны способы повышения ФХС промышленных стекол, ТХО РСФ путем выщелачивания и без него, защищенные двумя патентами на изобретения.

CURICHERU Galina

**MODIFICAREA COMPOZIȚIEI ȘI A STRUCTURII STRATURILOR
SUPERFICIALE ALE STICLELOR ANORGANICE TRATATE
TERMOCHIMIC CU REAGENȚI GAZOȘI, CE CONȚIN FLUORURĂ**

144.01 CHIMIE FIZICĂ

Rezumatul tezei de doctor în științe chimice

Aprobat spre tipar: 18.04.2024

Hârtie offset. Tipar offset

Coli de tipar: 2,19

Formatul hârtiei 14,8 x 10,5

Tiraj: 50 ex.

Comanda nr. 367

Centrul editorial universitar, Universitatea de Stat „Alecu Russo” din Bălți.
mun. Bălți, str. Pușkin, 38

