

**RECEȚIONAT**

Agenția Națională pentru Cercetare  
și Dezvoltare,  
director general dr.hab.  
Aurelia Hanganu \_\_\_\_\_

**AVIZAT**

Secția Secția Științe Exacte și  
Inginerești a AȘM,  
conducător dr.hab. m.cor.  
Svetlana Cojocaru \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 2024

\_\_\_\_\_ 2024

**RAPORT ȘTIINȚIFIC ANUAL**

**pentru etapa 2023**

**privind implementarea proiectului din cadrul  
Programului de Stat (2020–2023)**

Proiectul **Obținerea de noi materiale micro- și nanostructurate prin metode  
fizico-chimice și elaborarea tehnologiilor pe baza acestora**

Cifra proiectului **20.80009.5007.18**

Prioritatea Strategică **Competitivitate economică și tehnologii inovative**

Rectorul USM

Igor Sarot



Consiliul științific al IFA

Olga Sămăraș

Conducătorul proiectului

Valentin Mihailov

*Valentin Mihailov*

L.Ș.

Chișinău 2024



## CUPRINS:

1. Scopul și obiectivele etapei 2023
2. Acțiunile planificate și realizate în 2023
3. Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect 2023 în limba română (Anexa nr. 1)
4. Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect 2023 în limba engleză (Anexa nr. 1)
5. Impactul științific/social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute
6. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect 2023:
  - Lista publicațiilor științifice 2023 (Anexa nr. 2)
  - Lista participărilor la conferințe
  - Promovarea rezultatelor cercetărilor obținute în proiect în mass-media
7. Executarea devizului de cheltuieli (Anexa nr. 3)
8. Componența echipei proiectului pentru anul 2023 (Anexa nr. 4)
9. Informații suplimentare (Anexa nr.5)

## 1. Scopul etapei 2023 conform proiectului depus la concurs

Etapa 4. Testarea experimentală a diverselor tehnologii în condiții de laborator și cu utilizarea bazei clusterului tehnico-științific Elchim-Moldova, propuneri pentru determinarea domeniilor de utilizare efectivă și transfer tehnologic, recomandări pentru implementare.

## 2. Obiectivele etapei 2023

1. Stabilirea principiului obținerii acoperirilor nanostructurate în combinație cu rolul prelucrării electrochimice dimensionale a organelor de mașini, pentru determinarea posibilității transferului tehnologic și elaborarea recomandărilor de implementare.
2. Cercetarea multilaterală (metode de obținere – structură – proprietăți) a bionanostructurilor acoperite BS/HA/oțel cu scopul obținerii unor proprietăți biologice și mecanice performante.
3. Compararea proprietăților acoperirilor obținute pe suporturi din oțeluri de construcție și din titan pur, cât și din aliajele lui, după măsurarea rugozității, uniformității, continuității, iar ulterior pe baza șlifurilor - măsurarea durtății, repartizării elementelor ș.a.

## 3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei 2023

1. Pe baza rezultatelor de verificare a diverselor variante ale tehnologiei electrochimice, inclusiv obținerea acoperirilor nanocristaline a metalelor grupului fierului cu wolframul și prelucrarea electrochimică dimensională a organelor de mașini, confecționate din aliaje de crom-nichel rezistente la căldură, se vor efectua testele experimentale în condiții de laborator și de producere, pentru a determina posibilitatea de transfer tehnologic și elaborarea recomandărilor de implementare.
2. Analiza corelației dintre metodele de obținere, compoziție, structură și proprietăți ale bionanostructurilor acoperite BS/HA/oțel în comparație cu materialele de HA și BS de volum cu scopul obținerii unor biomateriale cu proprietăți biologice și mecanice predefinite.
3. Se vor elabora bazele științifice ale tehnologiei de formare a straturilor nanostructurate la interacțiunea plasmei descărcărilor în impuls cu elementele de aliere și suportul (piesă). Rezultatul principal scontat va fi legat de stabilirea relației dintre formarea straturilor nanostructurate în timpul ASE și proprietățile mecanice ale acoperirilor.

## 4. Acțiunile realizate

1. Elaborarea propunerilor pentru aplicarea efectivă a elementelor de bază ale tehnologiilor cu utilizarea electroliților care reduc impactul negativ asupra mediului înconjurător, cu curent continuu, precum și curent de impulsuri, cu diverse variante de electrodepozitare pulsată și prelucrare dimensională, recomandări de utilizare, transfer de tehnologie.
2. Au fost efectuate cercetări multilaterale ale bionanostructurilor 2D (structuri acoperite de hiroxiapatită (HA) și biosticlă (BS) pe substrat de oțel medicinal 316L) - HA-BS/oțel, HA/oțel și BS/oțel, la fel și a bionanoceramicelor 3D (de volum) de HA și compozitelor de HA-BS. A fost efectuată o analiză comparativă a structurilor acoperite 2D și celor de volum 3D în dependență de metode de obținere, compoziție, structură și proprietăți (mecanice, bioactive și biocompatibile).
3. Optimizarea componenței materialelor de aliere, pe baza criteriilor de apreciere calitativă și cantitativă a acoperirilor cu faze nanostructurate. Vor fi corectate regimurile energetice și

tehnologice ale instalațiilor tehnologice și vor fi elaborate recomandări practice de obținere a acoperirilor nanostructurate.

## 5. Rezultatele obținute

1. În cadrul proiectului au fost studiate metodele de obținere a acoperirilor electrochimice nanocristaline a metalelor din grupa fierului, aliate cu wolfram (Co-W, FeW). Datorită proprietăților sale mecanice și anticorozive înalte, depunerea unor astfel de aliaje din electroliți ecologici reprezintă o alternativă reală a cromării și îndeplinește tendințele moderne privind protecția mediului și dezvoltarea ecologică a societății și producției. Aliajele au fost obținute din electroliți pe baza de citrat și gluconat în diferite condiții și s-a studiat compoziția și proprietățile depunerilor obținute (microduratea, rezistența la coroziune și, de asemenea, capacitatea de microdifuzie a electrolitului).

S-a stabilit că la depunerea indusă și obținerea acoperirilor nanostructurate a metalelor din grupa fierului cu wolfram au loc fenomene dimensionale a proprietăților (a microdurateții și rezistenței la coroziune). În funcție de densitatea volumetrică al curentului ( $DVC, I_v$ ) de electrodepunere, s-au obținut depozite cu morfologie și structură semnificativ diferite. La  $DVC$  scăzută se observă formarea acoperiri cu structură cristalină (picuri XRD ascuțite), iar la  $DVC$  ridicat se observă acoperiri nanocristaline, ce se explică prin lărgirea puternică a picurilor. A fost studiat în detalii efectul  $DVC$  asupra microdurateții aliajelor rezultate. S-a demonstrat că creșterea  $DVC$  până la o densitate de curent fixă (atât datorită creșterii ariei de electrodepunere, cât și scăderii volumului băii la o arie fixă) duce la o scădere a microdurateții atât a aliajelor Co-W cât și Fe-W. Aceste rezultate au o importanță fundamentală pentru transferul pe scară largă a tehnologiei codepunerii induse a aliajelor de metale din grupa fierului cu wolframul, pentru că la o componentă dată a băii, pH-ul acesteia (temperatura, densitatea curentului potențialul), este, de asemenea, necesar să se mențină la o valoare constantă a  $DVC$ . Motivul acestui fapt constă în componenta specifică a electroliților utilizați pentru depunere. S-a stabilit că dependența microdurateții de  $DVC$  este legată cu formarea în straturile superficiale a straturilor oxidate, concentrația cărora se mărește odată cu creșterea suprafeței de depunere și a densității volumetrice a curentului. Pentru a spori microduratea, s-a aplicat prelucrarea ciclică de catod-anod cu tratament consecutiv cu un curent catodic de o densitate de  $2 \text{ A/dm}^2$  și un curent anodic de aceeași densitate și un raport de încărcare a perioadelor catodului și anodului de 10:1 (30 de minute din ciclul catodic și 3 minute din ciclul anodic). Ca urmare, s-a observat o creștere a microdurateții până la 20% la  $I_v = 100 \text{ mA/l}$ , influența  $DVC$  scade, iar efectul dimensional se menține. Datele experimentale obținute demonstrează că efectul de dimensiune macroscopic stabilit constituie un caz special al efectului de dimensiune macroscopic al componentei aliajului. Aceasta înseamnă că înlăturarea stratului de suprafață prin șlefuire abrazivă sau dizolvare anodică nu ar trebui să determine eliminarea acestuia și, prin urmare, nu poate fi o soluție vizând problema transferului pe scară largă de la testarea de laborator la tehnologie. Acest fenomen este evidențiat din caracteristica descendentă a microdurateții în funcție de densitatea volumetrică a curentului. Tratamentul catod-anodic nu modifică raportul dintre Co și W din acoperire, spre deosebire de valorile măsurate ale microdurateții, dar numai înlătură stratul de suprafață alterat și nu modifică componenta aliajului.

S-a demonstrat că eficiența electrodepunerii poate fi crescută semnificativ prin separarea spațiilor catodice și anodice, iar studiile anterioare au stabilit, de asemenea, că electrodepunerea trebuie efectuată la temperaturi ridicate.

Efectul de dimensiune al vitezei de coroziune a aliajelor electrodepuse Co-W și Fe-W se datorează mecanismului de electrodepunere. Efectul remarcat se manifestă datorită formării pe suprafața acoperirii electrodepuse a unui strat de oxid-hidroxiid, structură și grosime a cărui sunt determinate de DVC (depinde de DVC). Creșterea DVC micșorează densitatea curentului de coroziune. Înlăturarea (mecanică sau electrochimică) a stratului de oxid-hidroxiid suprafețial duce la scăderea rezistenței la coroziune a acoperirilor.

Studiile cineticii de nuclearizare la codepozitarea indusă a metalelor din grupa Fe cu W au identificat următoarele particularități ale componenței și structurii acoperirilor obținute: a) nanocristalinitatea, urmare a vitezei sporite de modificare a fazei (în limită – exponențială), ce duce la o limitare naturală a dimensiunilor nucleelor de fază nouă; b) dependența proprietăților acoperirilor obținute de densitatea volumetrică a curentului; c) introducerea în componența acoperirilor obținute a incluziunilor de oxid-hidroxiid și hidrogen, rezultat al participării în procesul de formare a unei noi faze de molecule de solvent (apă) la o viteză sporită a schimbului interfazic; d) prezența efectelor dimensionale macroscopice (microduritate și rezistență la coroziune) la acoperirile obținute. Prezența a cel puțin doi factori care provoacă un efect macroscopic de dimensiune – o modificare a raportului dintre componentele aliajului din acoperire și formarea unui strat de suprafață de oxid-hidroxiid și hidrogenat – este o consecință a mecanismului de producere a aliajului. Există toate motivele să presupunem că obținerea aliajului se bazează pe interacțiunea de suprafață a doi intermediari (clusteri) – un compus de wolfram într-o stare intermediară de oxidare și un intermediar al reducerii complexului metal-depunător. Creșterea DVC deplasează potențialul în direcția catodului, atunci când densitatea de curent e fixă, iar sporirea acesteia duce la creștea concentrației W în aliaj. O modificare a concentrației de wolfram, la rândul său, modifică structura acoperirilor obținute, contribuie, împreună cu formarea de soluții solide, la formarea de compuși intermetalici în aliaj. În același timp, sporirea densității de curent induce posibilitatea participării moleculelor de apă la procesul de obținere a unui aliaj. Aceasta, la rândul său, duce la formarea de oxid-hidroxiid și straturi de suprafață hidrogenate, care reduc microduritatea.

Un efect semnificativ al modificărilor proprietăților volumetrice ale electrolitului și al concentrației acestuia va avea loc numai dacă complexul în sine are o greutate moleculară mare. Într-adevăr, prin metoda spectroscopiei de impedanță electrochimică a fost demonstrat că pe suprafața electrodului se formează un complex cu o greutate moleculară mare. În acest caz, descompunerea sa în timpul electrodepozitării cu eliminarea unui metal din grupa fierului și wolframului sub formă de fază solidă ar trebui să ducă la atingerea unor valori ridicate ale vitezei de modificare a concentrației metalului-depunător.

În ciuda numeroaselor studii (de-a lungul timpului), mecanismul de codepunere indusă nu a fost pe deplin înțeles. Un studiu experimental detaliat al depunerii aliajelor Fe-W, realizat în cadrul acestui proiect, a folosit metoda microbalanței cu cristale de cuarț pentru a obține informații despre mecanismul depunerii Fe-W.

Acesta a demonstrat că:

- diferiți compuși de wolfram, cu diferite stări reduse, pot fi prezenți la suprafața electrodului;
- există posibilitatea creșterii tridimensionale (3D) a nucleelor Fe-W;
- codepunerea fierului și a wolframului este definită printr-o reacție autocatalitică care implică adsorbția de compuși mixți Fe-W sau clustere de nucleație, conținând ambele metale pe suprafața electrodului.

Datorită tehnologiei de electrodepunere mult mai prietenoasă cu mediul, precum și proprietăților sale mecanice și de coroziune ridicate, aliaje a metalelor din grupa fierului cu wolframul poate fi recomandată ca o alternativă reală la acoperirile cromate. Cu toate acestea, electrodepunerea unor astfel de aliaje este asociată cu apariția efectului macroscopic dimensional: atât compoziția cât și proprietățile acoperirilor depinde de DVC (la un potențial fix) și aria de electrodepunere. Prin urmare, principala cerință, atunci când se transferă tehnologia de producere a unor astfel de aliaje de la testele de laborator la producția industrială - este necesitatea de menținere a densității volumetrică de curent constante caracteristice electrolitului utilizat.

2. În urma cercetărilor multilaterale ale biomaterialelor în bază de hidroxiapatită ( $\text{HA} - \text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ) și biosticlă (BS – compoziția  $\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O-CaO-P}_2\text{O}_5$ ) pe substrat de oțel medicinal 316L sub formă de structuri 2D pe substrat de oțel și compozite ceramice 3D au fost obținute mai multe rezultate importante și evidențiate un șir de legități, care stabilesc corelarea dintre metodele de obținere, compoziție, structură și proprietăți.

Astfel, a fost stabilit, că HA obținută pe cale de precipitare chimică (HAP) posedă o compactibilitate mai înaltă comparativ cu cea obținută pe cale de sol-gel (HAG), ceea ce rezultă într-o structură mai puțin poroasă – particularitate importantă pentru o stabilitate și rezistență mecanică înaltă atât pentru materialele 3D, cât și acoperirile 2D, rezultat confirmat prin măsurările porozității și durtății efectuate prin metoda Archimede, microindentare și SEM. Temperatura de sinterizare mai înaltă de  $1200^\circ\text{C}$  și procentul mai mare de sticlă (10% comparativ cu 5%) în compozitele HA-BS duce la o descompunere a HA în fosfat tricalcic (TCP), care induce o bioactivitate mai înaltă în mediul fiziologic – solubilitatea materialului și formarea pe suprafața lui a stratului de carbo-HA, care contribuie la osteointegrarea biomaterialului, adică formarea legăturii la interfață materialului implantat și osul.

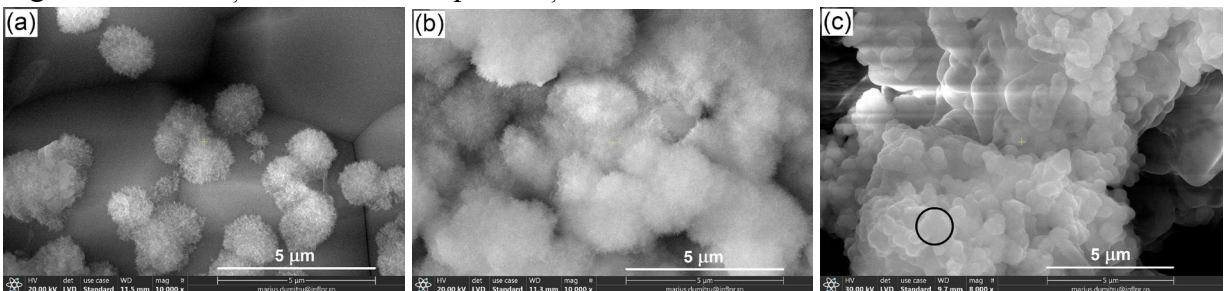


Fig. 1. Imagini SEM a suprafeței HAP-BS după imersarea în SBF timp de 5 (a), 10 (b) și 15 (c) zile.

Fig. 1 demonstrează evoluția în timp a stratului, care se formează pe compozitul HA-BS, plasat în soluția simulatoare specială (SBF – ”simulated body fluid”). Totodată se manifestă o scădere a durtății. Biocompatibilitatea materialelor, cercetată prin teste MTT, a demonstrat o viabilitate celulară înaltă cuprinsă între 94 și 99%.

Optimizarea metodei de pulverizare magnetron (MS - „magnetron sputtering”) prin elaborarea unui nou modul RF (de radiofrecvența) a permis obținerea unor proprietăți îmbunătățite

(structura, adeziune) a biostructurilor 2D de HA și BS pe substrat de oțel medicinal. În plus, au fost utilizat oțelul, suprafața cărui a fost preventiv prelucrată tribologic pentru majorarea adeziunii. Aceste măsuri au condus la obținerea unei structuri mai uniforme, adeziuni și proprietăți mecanice optimizate ale filmelor depuse. Grosimea filmului variază de la 300 la 800 nm în dependență de materialul acoperirii (HA, BS, BS-Zn, BS-Ce, HA-BS). Substratul de oțel de o rugozitate  $R_a$  mai mare (48nm față de 38 nm) contribuie la o adeziune și duritate mai înalte. Toate acoperirile au proprietăți durificante, adică depășesc duritatea substratului de oțel și induc proprietăți bioactive. La fel, acoperirile obținute prin metoda magnetron au o duritate superioară aceluiași materiale de volum obținute prin presarea și sinterizarea pulberilor.

3. În conformitate cu etapa a 4-a al Programului de Stat pentru anii 2020-2023, în perioada a. 2023, în baza investigațiilor fazo-structurale (analiza cu raze X, microscopia optică cu scanare electronică), precum și a calității acoperirilor (pe baza secțiunilor transversale, a șlifurilor) a fost efectuată optimizarea parametrilor energetici și tehnologici ai procesului alierii prin scânteii electrice (ASE). În primul rând valoarea energiei descărcării în impuls, care definește mai multe proprietăți ale suprafețelor supuse durificării. Astfel, s-a stabilit că la prelucrarea cu electrozi compacți din materiale (metale pure și compuși) temperatura de topire a cărora nu depășește 15000C, valoarea energiei descărcării electrice în impuls constituie cca (0,3-0,9)J. Însă la utilizarea în calitate de elemente de aliere a materialelor pulverulente din aceleași materiale, ca și ale electrozilor compacți optime s-au dovedit a fi valorile energiei descărcării electrice în impuls (0,9-3,0)J. S-au optimizat și parametrii tehnologici ai procesului: dozarea pulberii introduse în interstițiu dintre electrozi, forma geometrică și diametrul particulelor. S-a stabilit că ce-a mai optimă formă a particulelor pulberii este cea sferică, iar diametrul optim al acestora se află în limita 80-120 $\mu$ . Cât privește dozarea cantității pulberii introduse în interstițiu dintre electrozi, aceasta a fost stabilită indirect, după gradul de stabilitate a procesului ASE. De exemplu, mai întâi se instalează mărimea interstițiului, după care se declanșează procesul de inițiere (străpungere) a acestui interstițiu, utilizându-se un curent slab de tensiune înaltă de cca (5,0-8,0) kV. Simultan se include sursa de putere, după care se începe treptat introducerea pulberii. Dacă cantitatea de pulbere depășește cea optimă, atunci se observă o instabilitate a procesului, care se manifestă prin formarea unei punți conductibile și închiderea circuitului prin acest strat dens de pulberi, asemenea unui scurt circuit. După testarea funcționalității și optimizării parametrilor utilajului tehnologic s-au efectuat testări ale proprietăților fizice și mecanice a acoperirilor obținute la regimuri optime de depunere, în special, a rezistenței la uzură și coroziune. Astfel, s-a efectuat testarea probelor cilindrice și plate din oțelurile selectate, pe care s-au efectuat toate investigațiile, utilizând echipamente standardizate. Acestea au fost oțelurile de construcție C45, X12H10T, 40X13 și aliajul de titan BT6. Testările la uzură s-au efectuat atât pe uscat, cât și în prezența lubrifiantului (uleiului de vaselină). Rezultatele încercărilor au demonstrat, că indiferent de componența materialelor acoperirii, în toate cazurile rezistența la uzură a acestora a fost substanțial mai mare, decât a oțelurilor neacoperite. Dar cea mai mare valoare a rezistenței la uzură au manifestat-o acoperirile din carburile de titan (TiC), wolfram (WC) și compoziția TiSiC. Testările la coroziune în soluție de 3% NaCl a acoperirilor au demonstrat o rezistență considerabilă la coroziune (cu două ordine) a acoperirilor din TiC și WC depuse la alierea cu pulberi, în raport cu suprafețele metalelor neacoperite. Au fost

elaborate recomandări privind domeniile de implementare a tehnologiilor. Acestea se referă la majoritatea întreprinderilor industriale și de întreținere a tehnicii din sectoarele mecano-energetic, agroindustrial, întreprinderile de reparații și alte societăți ce au în dotare diferite mecanisme, agregate, echipamente, care necesită întreținere.

#### **6. Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute în cadrul proiectului**

Impactul științific al rezultatelor obținute în cadrul proiectului constă în obținerea de cunoștințe noi, fapt ce va contribui la extinderea cercetărilor, dar și a domeniilor de aplicare practică. Cu certitudine aceasta se datorează dezvoltării mai multe metode moderne de obținere a acoperirilor nanostructurate: metode electrochimice, aliere prin scânteii electrice și deformarea plastică severă și pulverizare magnetron.

Elaborarea structurilor acoperite de biosticlă (BS) și hidroxiapatită (HA) pe substrat de oțel prezintă interes atât din punct de vedere științific, cât și cel social-economic, fiind materiale destinate utilizării în medicină în calitate de materiale pentru tratarea și înlocuirea țesutului osos. Înlocuirea titanului, utilizat pentru implanturi, cu structurile acoperite în bază de BS și HA pe oțel va duce la reducerea prețurilor implanturilor, pe de o parte, și majorarea bioactivității și biocompatibilității acestora, pe de altă parte, ce la rândul său va contribui la reducerea complicațiilor post-implantare.

Rezultatele științifice au fost publicate în reviste naționale și internaționale, inclusiv cu factor de impact, discutate cu comunitatea științifică la conferințele de specialitate, obținute brevete de invenție, iar obiectele studiate pot servi ca teme de cercetare pentru viitoarele teze de doctorat, masterat sau licența pentru tinerii specialiști. De remarcat, că în proiect au participat și tineri specialiști, doctoranzi, masteranzi, având deja acumulată experiență de lucru în domeniu, dar care s-a lărgit și aprofundat pe parcursul desfășurării proiectului, acumulându-se, totodată, cunoștințe și experiență nouă.

#### **7. Colaborare la nivel național și internațional în cadrul implementării proiectului**

Pe parcursul ultimului an de realizare a proiectului colaborarea internațională s-a manifestat prin lucrări experimentale comune, lucrări științifice, prezentări rapoarte la conferințe cu colegii din: Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași (România), Universitatea din Vilnius și JSC Elektronikos Perdurbimo Technologijos, Vilnius (Lituania), Universitatea din Kostroma (F. Rusă), Universitatea Autonomă din Barcelona Departamentul de Fizică (Spania), Universitatea de Stat, Institutul de Cercetare a Problemelor Fizico-Chimice din Minsk și Universitatea de Stat din Grodno (Belarus), Academia Agrară din Kaunas (Lituania). La nivel național am colaborat cu: Universitatea Tehnică a Moldovei, Universitatea de Stat din or. Bălți, Universitatea de Stat din or. Tiraspol, Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie ”N. Testemițanu”, Universitatea de Stat din Moldova.

#### **8. Dificultățile în realizarea proiectului (financiare, organizatorice, legate de resursele umane etc.)**

Experiența obținută pe parcursul realizării proiectului, în special a anului 2023, a demonstrat cu prisosință lacunele sistemului de achiziționare a bunurilor, destinate realizării proiectului, care este foarte anevoios. Faptul, că finanțarea trebuie planificată/repartizată pe articole/coduri economice și nu poate fi modificată pe parcursul anului de finanțare, a condus la utilizarea

ineficientă a banilor, deoarece este imposibil de prevăzut din timp toate necesitățile din proiect, care pot apărea pe parcursul realizării lucrărilor (de ex., componentele electronice sau piese de schimb, care pot ieși din funcție, sau necesitatea folosirii reactivelor chimice, apărută pe parcursul realizării proiectului, sau informația despre ținerea unor conferințe științifice care poate parveni după întocmirea devizului de cheltuieli și altele. Acestea se referă, în special, la activitatea legată de cercetare. Ar fi fost mult mai efectivă realizarea bugetului proiectului, dacă ar fi posibil de efectuat achizițiile bunurilor doar ținând cont de articolele/codurile economice acceptate, fără legătura strictă a sumelor de aceste articole/coduri economice.

Pentru realizarea cu succes a obiectivelor proiectului ar fi binevenită și acceptarea procurării unor echipamente, instalații mici din proiectul de Stat, dacă suma lor se include în bugetul proiectului și dacă este argumentată această procurare, ceea ce va contribui la realizarea cu succes a obiectivelor proiectului.

#### **9. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de publicații**

Lista publicațiilor din anul 2023 este prezentată în Anexa 2.

#### **10. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de prezentări la foruri științifice.** (comunicări, postere – pentru cazurile când nu au fost publicate în materialele conferințelor)

1. **Șikimaka, O.**; Conferința "Smart diaspora - diaspora în învățământ superior, știință, inovare și antreprenariat. Work-shop "Noi paradigme în știința materialelor: spre materiale și metode de caracterizare care contribuie la creșterea calității vieții. 10-13 aprilie 2023, Timișoara, România. Bionanocompozite în bază de hiroxiapatită și biosticlă: corelație obținere-structură-proprietăți (raport oral).
2. **Șikimaka, O.**; COST - MECANANO GENERAL MEETING, 25-28 Aprilie 2023, Madrid, Spania. Factors Affecting the Deformation-Relaxation Behavior of Materials under Nano- and Micro-Indentation (prezentare poster).
3. **Grabco, D.** 6 th ICNBME, Sept. 20-23, 2023, Chișinău, RM, 2023. General nature of serration effect in crystals and other materials under indentation (prezentare poster).

#### **11. Promovarea rezultatelor cercetărilor obținute în proiect în mass-media:**

- Emisiuni radio/TV de popularizare a științei  
Participarea la expoziția "Noaptea cercetătorului" – dr. Ivașcu Sergiu, dr. Mihailov Valentin

#### **12. Teze de doctorat / postdoctorat susținute și confirmate în anul 2023 de membrii echipei proiectului**

1. **Kazak, N.** Modificarea suprafețelor metalice prin sintetizarea cu scânteii electrice a carburilor, utilizând electrozi din grafit și metale tranzitorii. Specialitatea: 251.03 - Tehnologii Electrofizice și Ingineria Suprafețelor. Conducător științific: dr. **Mihailov V.**

### 13. Concluzii

1. Au fost elaborate elementele de bază ale tehnologiilor de formare a acoperirilor electrochimice nanocristaline a metalelor din grupa Fe cu W, realizate prin diverse variante ale electrodepunerii cu utilizarea curentului continuu și pulsativ, precum și prelucrarea dimensională. Au fost formulate recomandările de utilizare.
2. A fost optimizată metoda de pulverizare magnetron, care a permis obținerea unor proprietăți îmbunătățite (structura, adeziune) a bionanostructurilor 2D de HA și BS pe substrat de oțel. Acoperirile obținute prin metoda magnetron au o duritate superioară aceluiași materiale de volum obținute prin presarea și sinterizarea pulberilor.
3. Au fost stabiliți factorii determinanți ai procesului sintetizării carburilor în straturile superficiale ale metalelor supuse ASE, esențiali pentru calitatea sau grosimea depunerilor. Aplicarea electrozilor pe bază de Ti, W și C, indică înalte proprietăți fizico-mecanice a acoperirilor sintetizate, rezultatele obținute explicându-se prin faptul formării compușilor ceramici.
4. Au fost elaborate recomandări privind domeniile de implementare a tehnologiilor. Acestea se referă la majoritatea întreprinderilor industriale și de întreținere a tehnicii din sectoarele mecano-energetic, agroindustrial, întreprinderile de reparații și alte societăți ce au în dotare diferite mecanisme, agregate, echipamente, care necesită întreținere

Conducătorul de proiect

MIHAILOV Valentin



Data: \_\_\_\_\_

LȘ

## Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect în anul 2023

### Obținerea de noi materiale micro- și nanostructurate prin metode fizico-chimice și elaborarea tehnologiilor pe baza acestora

**Cifrul proiectului: 20.80009.5007.18**

Prezentul proiect este destinat dezvoltării metodelor de prelucrare electrochimică, prin scânteii electrice și pulverizare magnetron în scopul obținerii straturilor superficiale ale metalelor cu proprietăți impuse. Conform programului proiectului în anul 2023 au fost preconizate activități privind testarea experimentală a diviselor tehnologii în condiții de laborator, precum și cu utilizarea bazei clusterului tehnico-științific Elchim-Moldova, au fost elaborate propuneri privind determinarea domeniilor de utilizare efectivă și transfer tehnologic, recomandări pentru implementare. Un interes deosebit îl constituie efectul densitatea volumetrică a curentului (DVC) asupra compoziției și a proprietăților aliajelor rezultate, dependența acestora de aria suprafeței piesei-electrod. S-a demonstrat că creșterea DVC până la o densitate de curent fixă (atât datorită creșterii ariei de electrodepunere, cât și scăderii volumului băii la o arie fixă) duce la o scădere a microdurității atât a aliajelor Co-W cât și Fe-W. Aceste rezultate au o importanță fundamentală pentru transferul pe scară largă a tehnologiei codepunerii induse a unor astfel de acoperiri, rezolvând una dintre principalele probleme ale chimiei și electrochimiei aplicate – transferul de la testele de laborator la tehnologia industrială.

În baza investigațiilor fazo-structurale și a calității acoperirilor formate în rezultatul alierii prin scânteii electrice au fost optimizați parametrii energetici (energia descărcării electrice în impuls) și cei tehnologici (forma mișcării electrozilor compacți în raport cu suprafața de prelucrare, diametrul și forma geometrică a particulelor pulberii). Astfel, s-a stabilit că la prelucrarea cu electrozi compacți din materiale (metale pure și compuși) temperatura de topire a cărora nu depășește  $1500^{\circ}\text{C}$ , valoarea energiei descărcării electrice în impuls constituie  $\sim(0,3-0,9)\text{J}$ , iar la prelucrarea cu pulberi  $(0,9-3,0)$  S-au optimizat și parametrii tehnologici ai procesului. S-a stabilit că diametrul optim al particulelor se află în limita  $80-120\mu\text{m}$ . S-a efectuat testarea rezistenței la uzură a acoperirilor din carburi metalice TiC și WC pe oțelurile de construcții, titan și aliajele lui. Rezultatele încercărilor au demonstrat, că indiferent de compoziția materialelor acoperirii, în toate cazurile rezistența la uzură a acestora a fost substanțial mai mare, decât a oțelurilor neacoperite. Testările la coroziune în soluție de 3% NaCl a acoperirilor au demonstrat o rezistență considerabilă la coroziune (cu două ordine) a acoperirilor din TiC și WC depuse la alierea cu pulberi, în raport cu suprafețele metalelor neacoperite. Au fost elaborate recomandări privind domeniile de implementare a tehnologiilor. Acestea se referă la majoritatea întreprinderilor industriale și de întreținere a tehnicii din sectoarele mecano-energetic, agroindustrial, întreprinderile de reparații și alte societăți ce au în dotare diferite mecanisme, agregate, echipamente, care necesită întreținere.

Au fost obținute bionanostructuri acoperite în bază de hidroxiapatită (HA) și biosticlă (BS) (HA, BS, BS-Zn, BS-Ce, HA-BS) pe substrat de oțel medicinal (316L) prin metoda pulverizării magnetron în regim de radiofrecvență (RF-MS) și stabilite influența condițiilor de obținere și a materialelor inițiale utilizate asupra structurii, proprietăților mecanice, bioactive și biocompatibile. Prelucrarea (nanostructurarea) prin deformare plastică severă a substratului de oțel a contribuit la o adeziune mai înaltă a filmelor de HA și BS. Adeziunea mai scăzută a nanocompozitului HA-BS a fost depășită prin aplicarea tratamentului termic ulterior. Toate acoperirile au proprietăți durificante, adică depășesc duritatea substratului de oțel. Astfel, duritatea filmelor măsurată la nanoindentare cuprinde valori în mediu de  $5-6\text{GPa}$ , comparativ cu duritatea în jur de  $3\text{GPa}$  a oțelului. La fel, acoperirile obținute prin metoda magnetron au o duritate superioară acelorși materiale de volum obținute prin sinterizarea pulberilor. Bioactivitatea materialelor obținute a fost demonstrată prin formarea pe suprafața lor a stratului de carbo-HA, care contribuie la osteointegrarea materialului în țesutul osos, iar biocompatibilitatea lor a fost demonstrată printr-o viabilitate celulară cuprinsă între 94 și 99%.

The present project is intended for the development of electrochemical processing methods, through electric sparks and magnetron sputtering in order to obtain the surface layers of metals with required properties. According to the project program in 2023, activities regarding the experimental testing of various technologies in laboratory conditions were expected, as well as with the use of the base of the Elchim-Moldova technical-scientific cluster, proposals were developed regarding the determination of the areas of effective use and technological transfer, recommendations for implementation. Of particular interest is the effect of volumetric current density (DVC) on the composition and properties of the resulting alloys, their dependence on the surface area of the part-electrode. Increasing the DVC up to a fixed current density (both due to increasing the electrodeposition area and decreasing the bath volume at a fixed area) has been shown to lead to a decrease in the microhardness of both Co-W and Fe-W alloys. These results are of fundamental importance for the large-scale transfer of the technology of induced co-deposition of such coatings, solving one of the main problems of applied chemistry and electrochemistry – the transfer from laboratory tests to industrial technology.

Based on the phase-structural investigations and the quality of the coatings formed as a result of alloying by electric sparks, the energetic parameters (the energy of the electric discharge in impulse) and the technological ones (the shape of the movement of the compact electrodes in relation to the processing surface, the diameter and the geometric shape of the particles) were optimized (powders). Thus, it was established that when processing with compact electrodes made of materials (pure metals and compounds) whose melting temperature does not exceed 15000C, the value of the energy of the electric discharge in the pulse is  $\sim(0.3-0.9)J$ , and when processing with powders (0.9-3.0) The technological parameters of the process were also optimized. It was established that the optimal diameter of the particles is in the range of 80-120 $\mu m$ . Wear resistance testing of TiC and WC metal carbide coatings on structural steels, titanium and its alloys was performed. The results of the tests demonstrated that regardless of the composition of the coating materials, in all cases their wear resistance was substantially higher than that of uncoated steels. Corrosion tests in 3% NaCl solution of the coatings demonstrated considerable corrosion resistance (by two orders of magnitude) of powder alloyed TiC and WC coatings compared to uncoated metal surfaces. Recommendations were developed regarding the fields of technology implementation. They refer to the majority of industrial and technical maintenance enterprises in the mechanical-energy, agro-industrial sectors, repair enterprises and other companies equipped with various mechanisms, aggregates, equipment that require maintenance.

Hydroxyapatite (HA) and bioglass (BS) coated bionanostructures (HA, BS, BS-Zn, BS-Ce, HA-BS) were obtained on a medical steel substrate (316L) by the magnetron sputtering method in radio frequency mode (RF-MS) and established the influence of the obtaining conditions and the initial materials used on the structure, mechanical, bioactive and biocompatible properties. Processing (nanostructuring) by severe plastic deformation of the steel substrate contributed to higher adhesion of the HA and BS films. The lower adhesion of the HA-BS nanocomposite was overcome by applying the subsequent heat treatment. All coatings have hardening properties, i.e. they exceed the hardness of the steel substrate. Thus, the hardness of the films measured at nanoindentation includes values in the range of 5-6GPa, compared to the hardness of around 3GPa of steel. Similarly, the coatings obtained by the magnetron method have a higher hardness than the same volume materials obtained by sintering the powders. The bioactivity of the obtained materials was demonstrated by the formation of the carbo-HA layer on their surface, which contributes to the osseointegration of the material in the bone tissue, and their biocompatibility was demonstrated by a cell viability between 94 and 99%.

Conducătorul de proiect

MIHAILOV Valentin



Data: \_\_\_\_\_

LȘ

**Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice  
publicate în anul 2023 în cadrul proiectului din Programul de Stat**

***Obținerea de noi materiale micro- și nanostructurate prin metode fizico-chimice și elaborarea  
tehnologiilor pe baza acestora***

**1. Monografii** (recomandate spre editare de consiliul științific/senatul organizației din domeniile cercetării și inovării)

1.1. monografii internaționale

1.2. monografii naționale

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

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

**4. Articole în reviste științifice**

4.1. în reviste din bazele de date Web of Science și SCOPUS (cu indicarea factorului de impact IF)

1. Benkovsky, I.; **Tsyntaru, N.**; Silkin, S.; **Petrenko, V.**; Pakstas, V.; Cesiulis, H.; **Dikusar, A.** Synthesis, Wear and Corrosion of Novel Electrospark and Electrospark–Electrochemical Hybrid Coatings Based on Carbon Steels. *Lubricants*. 2023, 11, 205-1—205-16. Doi: [10.3390/lubricants11050205](https://doi.org/10.3390/lubricants11050205) (IF: 3,5).
2. Rukanskis, M.; Padgurskas, J.; **Mihailov, V.**; Rukuiža, R.; Žunda, A.; Baltakys, K.; Tučkutė, S. Investigation of the Lubricated Tribo-System of Modified Electrospark Coatings. *Coatings*. 2023, 13(5), 825-1—825-15. Doi: [10.3390/coatings13050825](https://doi.org/10.3390/coatings13050825) (IF: 3,236).
3. **Dikusar, A.**; **Cuharuc, A.**; **Tsyntaru, N.** Input of Moldova in shaping modern electrochemical science and technology. *J Solid State Electr.* 2023, 27(7), 1661—1673. Doi: [10.1007/s10008-023-05428-7](https://doi.org/10.1007/s10008-023-05428-7) (IF: 2,747).
4. Cesiulis, H.; **Tsyntaru, N.** Eco-Friendly Electrowinning for Metals Recovery from Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). *Coatings*. 2023, 13(3), 574-1—574-11. Doi: [10.3390/coatings13030574](https://doi.org/10.3390/coatings13030574) (IF: 3,236).
5. **Mihailov, V.**; **Kazak, N.**; **Ivashcu, S.**; Ovchinnikov, E.; Baciuc, C.; **Ianachevici, A.**; Rukuiža, R.; Žunda, A. Synthesis of Multicomponent Coatings by Electrospark Alloying with Powder Materials. *Coatings*. 2023, 13(3), 651-1—651-14. Doi: [10.3390/coatings13030651](https://doi.org/10.3390/coatings13030651) (IF: 3,236).
6. Levinas, R.; **Tsyntaru, N.**; Cesiulis, H.; Viter, R.; Grundsteins, K.; Tamašauskaitė-Tamašiūnaitė, L.; Norkus, E. Electrochemical Synthesis of a WO<sub>3</sub>/MoS<sub>x</sub> Heterostructured Bifunctional Catalyst for Efficient Overall Water Splitting. *Coatings*. 2023, 13(4), 673-1—673-19. Doi: [10.3390/coatings13040673](https://doi.org/10.3390/coatings13040673) (IF: 3,236).
7. **Grabco, D.**; **Shikimaka, O.**; **Pyrtsac, C.**; **Topal, D.**; Vilotic, D.; Vilotic, M.; Alexandrov, S. Modification of Microstructure and Mechanical Parameters of Austenitic Steel AISI 316L under the Action of Low Friction. *Metals*. 2023, 13(7), 1278-1—1278-12. Doi: [10.3390/met13071278](https://doi.org/10.3390/met13071278) (IF: 2,9).

8. **Colibaba, G.V.; Rusnac, D.;** Costriucova, N.; **Shikimaka, O.** Monaico, E.V. Low-temperature sintering of ZnO:Al ceramics by means of chemical vapor transport. *J Mater Sci-Mater El.* 2023, 34(2), 82. Doi: [10.1007/s10854-022-09458-1](https://doi.org/10.1007/s10854-022-09458-1) (IF: 2,779)
9. **Grabco, D.; Pyrtsac, C.; Shikimaka, O.** Influence of substrate type on deformation specificity of soft film/hard substrate coated systems under nanomicroindentation. *Philos Mag.* 2023, 103(12), 1146—1176. Doi: [10.1080/14786435.2023.2181995](https://doi.org/10.1080/14786435.2023.2181995) (IF: 1,948).
10. **Grabco, D.; Pyrtac, C.; Shikimaka, O.,** Plasticity and resistance indices in Cu/soft substrate and Cu/hard substrate coated systems. *Rom J Phys.* 2023, **68(1-2)**, 602-1—602-15. (IF: 1.662).

#### 4.2. în alte reviste din străinătate recunoscute

11. **Myrzak, V.A.** Size Effect in the Rate of Electrodeposition of Co–W Coatings from a Citrate Bath. *Surf Eng Appl Elect.* 2023, 59(4), 438—442. Doi: [10.3103/S1068375523040105](https://doi.org/10.3103/S1068375523040105).
12. **Koval, A.V.** Peculiarities of Formation of Phase and Elemental Composition during Electrosark Alloying Using a Manual High-Frequency Vibrator. *Surf Eng Appl Elect.* 2023, 59(3), 271—280. Doi: [10.3103/S1068375523030110](https://doi.org/10.3103/S1068375523030110).
13. **Belevskii, S.S.; Gotelyak, A.V.; Ivashku, S.Kh.; Kovalenko, K.V.; Dikusar, A.I.** Anodic Dissolution of Surface Layers as a Means of Increasing the Microhardness of Alloy Coatings of Iron Group Metals with Tungsten Prepared by Induced Codeposition. *Surf Eng Appl Elect.* 2023, 59(5), 549—555. Doi: [10.3103/S1068375523050034](https://doi.org/10.3103/S1068375523050034).
14. **Dikusar, A.I.;** Likrizon, E.V. Effect of the Structure of Passive Oxide Films and Surface Temperature on the Rate of Anodic Dissolution of Chromium–Nickel and Titanium Alloys in Electrolytes for Electrochemical Machining: Part 1. Anodic Dissolution of Chromium–Nickel Steel in a Nitrate Solution. *Surf Eng Appl Elect.* 2023, 59(2), 107—115. Doi: [10.3103/S1068375523020047](https://doi.org/10.3103/S1068375523020047).
15. **Baranov, S.A.** Surface energy of micro- and nanowire. *Ann Adv Chemistry.* 2023, 7, 25—30. Doi: [10.29328/journal.aac.1001039](https://doi.org/10.29328/journal.aac.1001039).
16. Benkovskii, Yu.V.; **Croitoru, D.M.; Petrenko, V.I.;** Swtoichev, P.N.; Yurchenko, E.V.; **Dikusar, A.I.** Interrelation between the Composition of Steel Treated by Electrosark Alloying and the Properties of Resulting Composite Surface. *Surf Eng Appl Elect.* 2023, 59(1), 1—6. Doi: [10.3103/S1068375523010039](https://doi.org/10.3103/S1068375523010039).
17. **Dikusar, A.I.; Belevskii, S.S.** Macroscopic Size Effect in the Composition and Properties of Alloys of Iron Group Metals with Tungsten Prepared by Induced Codeposition: Alloy Deposition Mechanism and Its Implications. *Surf Eng Appl Elect.* 2023, **59(6)**, 699—711. Doi: [10.3103/S106837552306008X](https://doi.org/10.3103/S106837552306008X).
18. Likrizon, E.V.; Silkin, S.A.; **Dikusar, A.I.** Effect of Passive Oxide Film Structure and Surface Temperature on the Rate of Anodic Dissolution of Chromium–Nickel and Titanium Alloys in Electrolytes for Electrochemical Machining: Part 2. Anodic Dissolution of Titanium Alloys in Nitrate and Chloride Solutions. *Surf Eng Appl Elect.* 2023, 59(3), 255—263. Doi: [10.3103/S1068375523030134](https://doi.org/10.3103/S1068375523030134).

#### 4.3. în reviste din Registrul National al revistelor de profil, cu indicarea categoriei

19. Юрченко, Е.В.; Гилецки, Г.В.; Ватаву, С.А.; **Петренко, В.И.**; **Харя, Д.**; Бубулинкэ, К.; **Дикусар, А.И.** Состав, структура, износостойкость поверхностных наноструктур, получаемых при электроискровом легировании стали 65Г. *Электронная обработка материалов*. 2023, 59(5), 1—11. Doi: [org/10.52577/eom.2023.59.5.01](https://doi.org/10.52577/eom.2023.59.5.01).
20. **Белевский, С.С.**; Готеляк, А.В.; **Ивашку, С.Х.**; **Коваленко, К.В.**; **Дикусар, А.И.** Анодное растворение поверхностных слоев как метод повышения микротвердости покрытий сплавами металлов группы железа с вольфрамом, получаемых индуцированным соосаждением. *Электронная обработка материалов*. 2023, 59(3), 1—9. Doi: [10.52577/eom.2023.59.3.01](https://doi.org/10.52577/eom.2023.59.3.01).
21. Паршутин, В.В.; **Коваль, А.В.**; Горинчой, В.В.; Лозан, В.И. Влияние гетероядерного салицилатного комплекса  $\{[\text{FeSr}_2(\text{SalH})_2(\text{Sal})_2(\text{NO}_3)(\text{DMA})_4]\}_n$  на коррозию стали Ст. 3 в воде. *Электронная обработка материалов*. 2023, 59(1), 47—59. Doi: [10.52577/eom.2023.59.1.47](https://doi.org/10.52577/eom.2023.59.1.47).
22. **Дикусар, А.И.**; **Белевский, С.С.** Макроскопический размерный эффект состава и свойств покрытий сплавами металлов группы железа с вольфрамом при индуцированном соосаждении: механизм формирования и следствия. *Электронная обработка материалов*. 2024, 59(2), 1—15. Doi: [10.52577/eom.2023.59.1.01](https://doi.org/10.52577/eom.2023.59.1.01).

4.4. în alte reviste naționale

## 5. Articole în culegeri științifice naționale/internaționale

5.1. culegeri de lucrări științifice editate peste hotare

5.2 culegeri de lucrări științifice editate în Republica Moldova

## 6. Articole în materiale ale conferințelor științifice

6.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

23. Костюкович, Г., Хвисевич, В., Овчинников, Е., **Михайлов, В.**, Веремчик, А., Эйсымонт, Е., Пинчук, Т. Морфология покрытий, формируемых бесконтактным методом электроискрового разряда из тугоплавких порошковых материалов. În: Новые Технологии и Материалы, Автоматизация Производства, Conferința internațională științifică tehnică, 16-17 noiembrie 2023, Brest, Belarus, p158-162. [ISBN 978-985-493-606-2](https://doi.org/10.1063/5.0143711).
24. Meshalkin, A.; Prisacar, A.; Triduh, G.; Abashkin, V.; Achimova, E., **Tintaru, N.** In situ study of chalcogenide thin films growth during vacuum thermal evaporation. În: AIP Conference Proceedings 2803 (2023). 11th International Advances in Applied Physics and Materials Science Congress & Exhibition, October 17-23, 2021, Fethiye, Turkey, p. 040001-1—040001-5. Doi: [10.1063/5.0143711](https://doi.org/10.1063/5.0143711).
25. Овчинников, Е., **Михайлов, В.**, Шарнаев, А., Овчинников, А. Высокотемпературные электроискровые покрытия. În: Высокотемпературная химия оксидных систем и материалов. X Conferință internațională dedicată jubileului 75 ani IHC RAN, 25-28 septembrie 2023, Sankt-Petersburg, Federația Rusă, p.194-197. [ISBN 978-5-00105-845-8](https://doi.org/10.1063/5.0143711).

6.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

26. **Grabco, D.; Pyrtac, C.; Shikimaka, O.** General nature of serration effect in crystals and other materials under indentation. *6th ICNBME, Sept. 20-23, 2023, Chisinau, RM, 2023*, p. 96-105. Doi: [10.1007/978-3-031-42775-6\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-031-42775-6_11).

27. **Грабко, Д., Никорич, В., Топал, Д., Шикимака, О.** Механические свойства кристаллов на основе халькогенидов свинца. In: *Proceeding of Conference “Integration Through Research and Innovation”, 9-10 November 2023, Chisinau, Moldova (in press).*

6.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

6.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

## **7. Teze ale conferințelor științifice**

7.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

7.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

7.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

7.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

## **8. Alte lucrări științifice (recomandate spre editare de o instituție acreditată în domeniu)**

8.1. cărți (cu caracter informativ)

8.2. enciclopedii, dicționare

8.3. atlase, hărți, albume, cataloage, tabele etc. (ca produse ale cercetării științifice)

## **9. Brevete de invenții și alte obiecte de proprietate intelectuală, materiale la saloanele de invenții**

1. Parsutin, V.; **Covali, A.** Utilizarea extractului apos din frunze de nuc și tanină în calitate de inhibitor al coroziunii oțelurilor în apă (Use of aqueous walnut leaf extract and tannin as corrosion inhibitor of steels in water). *Brevet de Invenție* nr. MD 1633 din 2023.02.28.

## **10. Lucrări științifico-metodice și didactice**

10.1. manuale pentru învățământul preuniversitar (aprobate de ministerul de resort)

10.2. manuale pentru învățământul universitar (aprobate de consiliul științific/senatul instituției)

10.3. alte lucrări științifico-metodice și didactice

**Executarea devizului de cheltuieli,  
conform anexei nr. 2.3 din contractul de finanțare pentru anul 2023**

**Cifrul proiectului: 20.80009.5007.18**

<b>Cheltuieli, mii lei</b>				
<b>Denumirea</b>	<b>Cod</b>		<b>Anul de gestiune</b>	
	<b>Eco (k6)</b>	<b>Aprobat</b>	<b>Modificat +/-</b>	<b>Precizat</b>
Remunerarea muncii angajaților conform statelor	211180	2644,3		2644,3
Contribuții de asigurări de stat obligatorii	212100	634,6		634,6
Servicii de reparații curente	222500	2,5		2,5
Deplasări în interes de serviciu peste hotare	222720	15,0		15,0
Servicii de cercetări științifice	222930	17,0		17,0
Servicii neatribuite altor aliniate	222990	1,5		1,5
Indemnizații pentru incapacitatea temporară de muncă achitate din mijloacele financiare ale angajatului	273500	5,3		5,3
Alte prestații sociale ale angajatorilor	273900	0	+85,0	85,0
Cheltuieli curente neatribuite la alte categorii	281900	7,6		7,6
Procurarea mașinilor și utilajelor	314110	54,0		54,0
Procurarea materialelor de uz gospodăresc și rechizite de birou	316110	4,8		4,8
Procurarea pieselor de schimb	332110	17,0		17,0
Procurarea materialelor pentru scopuri didactice, științifice și alte scopuri	335110	31,1		31,1
Procurarea materialelor de uz gospodăresc și rechizitelor de birou	336110	3,3		3,3
<b>Total</b>		<b>3438.0</b>		<b>3523,0</b>

Conducătorul organizației

ȘAROV Igor

Contabil șef

COJOCARU Liliana

Conducătorul de proiect

MIHAILOV Valentin

Data: 04.01.2024

LȘ

**Componența echipei conform contractului de finanțare 2023****Cifrul proiectului: 20.80009.5007.18**

<b>Echipa proiectului conform contractului de finanțare (la semnarea contractului) pentru 2023</b>						
<b>Nr</b>	<b>Nume, prenume (conform contractului de finanțare)</b>	<b>Anul nașterii</b>	<b>Titlul științific</b>	<b>Norma de muncă conform contractului</b>	<b>Data angajării</b>	<b>Data eliberării</b>
1.	Grabco Daria	1941	dr. hab.	1,00	03.01.2023	31.12.2023
2.	Dicusar Alexandr	1942	dr. hab.	1,00	03.01.2023	31.08.2023
3.	Belevschi Stanislav	1984	dr.	1,00	03.01.2023	31.12.2023
4.	Mihailov Valentin	1942	dr.	1,00	03.01.2023	31.12.2023
5.	Petrenko Vladimir	1946	dr.	1,00	03.01.2023	30.04.2023
6.	Șikimaka Olga	1965	dr.	1,00	03.01.2023	31.12.2023
7.	Tînțaru Natalia	1979	dr.	1,00	03.01.2023	31.12.2023
8.	Colibaba Gleb	1979	dr.	0,50	03.01.2023	31.12.2023
9.	Palamarciuc Tatiana	1985	dr.	0,50	03.01.2023	31.12.2023
10.	Baranov Serghei	1948	dr.	1,00	03.01.2023	31.12.2023
11.	Croitoru Dumitru	1948	dr.	1,00	03.01.2023	31.12.2023
12.	Cuharuc Anatolii	1979	dr.	1,00	03.01.2023	31.12.2023
13.	Ivașcu Sergiu	1976	dr.	1,00	03.01.2023	31.12.2023
14.	Borțoi Tudor	1952	dr.	0,50	03.01.2023	31.12.2023
15.	Iușenco Serghei	1960	dr.	0,50	03.01.2023	31.12.2023
16.	Kazak Natalia	1983	dr.	0,50	03.01.2023	31.12.2023
17.	Nicolenco Aliona	1992	dr.	0,50	03.01.2023	31.12.2023
18.	Braniște Fiodor	1989	dr.	0,50	03.01.2023	31.12.2023
19.	Pîrțac Constantin	1975	dr.	0,50	03.01.2023	31.12.2023
20.	Prisăcaru Andrian	1985	dr.	0,50	03.01.2023	31.12.2023
21.	Bivol Mihaela	1991		1,00	03.01.2023	31.12.2023
22.	Covalenco Chirill	1990		1,00	03.01.2023	31.12.2023
23.	Covali Alexandru	1976		1,00	03.01.2023	31.12.2023

24.	Barbos Zinaida	1986		1,00	03.01.2023	31.12.2023
25.	Ianachevici Anatolie	1969		0,50	03.01.2023	31.12.2023
26.	Spoială Dorin	1968		0,50	03.01.2023	31.12.2023
27.	Crupnic Vitali	1957		1,00	03.01.2023	31.12.2023
28.	Iațco Spiridon	1947		0,50	03.01.2023	31.12.2023
29.	Rusnac Dumitru	1995		0,50	03.01.2023	31.12.2023
30.	Topal Daria	2000		0,50	03.01.2023	31.12.2023

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor conform contractului de finanțare	17
--	----

Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2023					
Nr	Nume, prenume	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor
--

Conducătorul organizației

ȘAROV Igor

Contabil șef

COJOCARI Liliiana

Conducătorul de proiect

MIHAILOV Valentin

Data: 04.01.2024

LȘ

