

RECEPȚIONAT

Agenția Națională pentru Cercetare
și Dezvoltare _____
_____ 2022

AVIZAT

Secția AŞM _____
_____ 2022

RAPORT ȘTIINȚIFIC ANUAL 2022

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

**Tehnologii fizice avansate cu aplicarea UVS în monitorizarea
și modelarea factorilor de mediu**

cifrul 20.80009.7007.05

Prioritatea Strategică III: Mediu și schimbări climatice

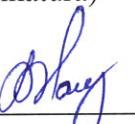
Rectorul USM

ŞAROV Igor
(numele, prenumele)


(semnătura)

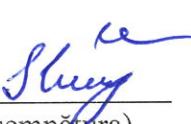
Președintele Senatului

ŞAROV Igor
(numele, prenumele)


(semnătura)

Conducătorul proiectului

SPRINCEAN Veaceslav
(numele, prenumele)


(semnătura)



Chișinău 2022

1. Scopul etapei anuale conform proiectului depus la concurs

Radiații laser în studii de mediu. Aplicarea metodei noi bazate pe excitația spectrelor de fluorescență sub influența radiațiilor laser în studii de mediu. Determinarea locației surselor de poluare a mediului și impactul lor asupra componentelor de mediu ca rezultat al activității antropogene. Colectarea și analiza datelor. Brevetarea rezultatelor cercetărilor.

Legități cinetice de mediu. Modelarea intensității proceselor de creștere/ reducere a poluării corelată cu dinamica factorilor de mediu. Prezentarea publică a rezultatelor cercetărilor.

2. Obiectivele etapei anuale

1. Dezvoltarea unui procedeu nou de colectare a particulelor solide de poluanți din aer cu dimensiuni nano- și micrometrice.
2. Dezvoltarea unei tehnici noi de înregistrare a fluorescenței plantelor sub excitație laser de la distanță, folosind aparate de zbor fără pilot.
3. Stabilirea dinamicii poluării atmosferei cu microparticule solide și gaze în municipiul Chișinău, fiind identificate potențialele focare cu impact de mediu.
4. Modelarea stabilității sistemelor complexe. Dezvoltarea componentei aplicației de modelare pe calculator pentru prognozarea hazardurilor naturale periculoase. Rezolvarea riguroasă a problemei brahistocronei cu aplicarea calculului variațional și reprezentarea soluțiilor în forma parametrică.
5. Utilizarea microscopiei de forță atomică (*Atomic Force Microscopy*, AFM) și a măsurătorilor spectrale de fluorescență în calitate de metode de analiză experimentală la impurități pentru probele colectate de aer, precum și studiul experimental al materialelor nanostructurate cu potențial de aplicație în calitate de senzori de umiditate și receptori în regiunea radiației ultraviolete (UV).
6. Actualizarea și diseminarea site-ului proiectului, a rezultatelor acestuia și extinderea colaborărilor științifice internaționale. Formularea și înaintarea proiectelor noi cu scopul extinderii colaborării internaționale.
7. Organizarea la USM a Simpozionului științifico-practic internațional „Monitorizarea și protecția infrastructurii critice cu ajutorul sistemelor fără pilot”, în parteneriat cu Universitatea din Žilina (Slovacia), Universitatea Sannio din Benevento (Italia), Universitatea Sapienza din Roma (Italia), cu prezentarea tehnologiilor inteligente de ultimă generație în monitorizarea și modelarea factorilor de mediu, precum și în prognozarea hazardurilor naturale și antropogene periculoase.
8. Organizarea Atelierului științifico-practic „*Tehnologii fizice avansate cu aplicarea UVS în monitorizarea și modelarea factorilor de mediu*”, ediția III, din cadrul Conferinței științifice naționale cu participare internațională „Integrare prin cercetare și inovare”, desfășurată anual la USM în luna noiembrie către Ziua Internațională a Științei pentru Pace și Dezvoltare, cu participarea în format mixt a membrilor echipei de proiect, partenerilor de dezvoltare, studenților, masteranzilor și doctoranzilor.

3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei anuale

1. Înaintarea cererii de brevet de invenție pentru procedeul de colectare a particulelor solide de poluanți din aer, care ar permite facilitarea colectării direct din aer pe suprafață

siliciului monocristalin a particulelor solide cu dimensiuni nano- și micrometrice. Implementarea practică a procedeului de colectare a particulelor solide de poluanți din aer.

2. Aplicarea AFM și FLIM pe probele de microparticulele solide colectate din atmosferă.
3. Dezvoltarea unei tehnici noi de înregistrare a fluorescenței plantelor sub excitație laser de la distanță, folosind aparate de zbor fără pilot. Utilizarea UAV pentru a detecta starea de sănătate a plantelor de la distanță bazată pe excitația spectrelor de fluorescență sub influența radiațiilor laser.
4. Măsurarea spectrelor de fotoluminescență ale frunzelor de pomi fructiferi și de viață de vie. Spectrele respective vor servi ca indicatori de bază în studiile factorilor de mediu prin metode optice.
5. Cercetarea schimbărilor climatice din municipiul Chișinău, cu stabilirea potențialelor focare cu impact de mediu și a dinamicii proceselor de creștere/ reducere a poluării. Realizarea studiului comparativ al factorilor de mediu între anii 2011 și 2021.
6. Stabilirea dinamicii factorilor de mediu pe timp scurt, zi/săptămână, pe anotimp și pe parcursul anului. Stabilirea potențialelor focare care influențează degradarea suprafeței solului, a vegetației locale, dinamica emisiilor de gaze, cât și influența temperaturii, intensității radiației solare, a precipitațiilor atmosferice, a intensității și direcției curenților de aer asupra factorilor de mediu.
7. Dezvoltarea metodelor parametrice și a calculului variațional de modelare a stabilității și dinamicii sistemelor complexe.
8. Publicarea studiului influenței umidității aerului asupra conductibilității electrice a structurii β -Ga₂O₃-GaS.
9. Organizarea la USM a Simpozionului științifico-practic internațional „Monitorizarea și protecția infrastructurii critice cu ajutorul sistemelor fără pilot”, în parteneriat cu Universitatea din Žilina (Slovacia), Universitatea Sannio din Benevento (Italia), Universitatea Sapienza din Roma (Italia), cu prezentarea tehnologiilor inteligente de ultimă generație în monitorizarea și modelarea factorilor de mediu, precum și în prognozarea hazardurilor naturale și antropogene periculoase. Realizarea site-ului Simpozionului și diseminarea evenimentului la nivel național și internațional.
10. Organizarea ediției a III-a a Atelierului științifico-practic în domeniul de cercetare a proiectului din cadrul Conferinței științifice naționale cu participare internațională „Integrare prin cercetare și inovare” de la USM.
11. Gestionarea site-ului proiectului și a materialelor de diseminare în format electronic.
12. Publicarea rezultatelor cercetărilor. Participarea la saloane internaționale de inventică și transfer tehnologic.
13. Prezentarea și diseminarea rezultatelor proiectului, precum și consolidarea colaborării internaționale în domeniul de cercetare a proiectului.

4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei anuale

1. Implementarea procedeului pentru colectarea particulelor solide de poluanți din aer cu dimensiuni nano- și micrometrice, care constă în aceea că, mai întâi, particulele captate sunt încărcate pozitiv în aer de un încărcător cu tensiune înaltă, care constă dintr-un filament subțire de wolfram și o sursă cu tensiunea înaltă de +5 kV, iar apoi sub acțiunea interacțiunii electrostatice particulele se depun pe suprafața placetei de siliciu

monocristalin și sunt examineate direct prin metodele microscopiei optice, AFM și EDAX (*Energy-dispersive X-ray spectroscopy*), precum și cele ale microscopiei de fluorescență RCM (*Reflectance Confocal Microscopy*) și FLIM (*Fluorescence Lifetime Imaging Microscopy*).

2. A fost efectuată colectarea și analiza AFM a particulelor fine de praf din atmosferă. Studiul este completat cu măsurători spectrale de fluorescență pentru trei probe obținute: două sunt pe substraturi de cuarț și una este pe suprafața unei placete de siliciu monocristalin (opac). Particulele de poluanți se pot distinge individual pe baza luminescenței acestora, iar măsurătorile RCM și FLIM mai indică clar că unele particule individuale prezintă timpi de viață de fluorescență compozit.
3. A fost dezvoltată o tehnică nouă de înregistrare a fluorescenței plantelor sub excitație laser de la distanță, folosind aparate de zbor fără pilot. Au fost utilizate surse de radiații laser cu lungimi de undă de 405 nm și 450 nm. Modificarea dependenței spectrale a fluorescenței face posibilă detectarea bolilor plantelor în stadii incipiente.
4. Fotoluminescența eșantioanelor din frunze de persic, măr, prun și viță de vie a fost excitată cu radiația ultravioletă (UV) cu lungimea de undă 337,4 nm și radiația violetă cu $\lambda=405$ nm. Spectrele de fotoluminescență au fost înregistrate cu o instalație spectrofotometrică cu un monocromator cu putere optică înaltă de tipul MOR-2.
5. Au fost cercetate schimbările climatice din municipiul Chișinău, fiind stabilite potențialele focare cu impact de mediu și realizată comparația vremii între anii 2011 și 2021.
6. Au fost dezvoltate în continuare metodele multi-parametrice de modelare a tranzițiilor de fază în sistemele complexe și realizat studiul de stabilitate a stărilor de echilibru pentru sistemele dinamice, în particular cu aplicare la sistemul complex Lotka-Volterra. Este publicată și rezolvarea riguroasă a problemei brahistocronei.
7. Este publicat rezultatul fundamental obținut în baza dependenței curentului electric în circuit la umidități relative ale aerului din intervalul 42-92% de tensiunea aplicată la structura $n\text{-}\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3\text{-}p\text{-GaS-Zn}$ la iluminare cu lumina de zi (albă) și cu radiație din banda de absorbție fundamentală a compusului nanostructurat de $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$, care demonstrează că acest compus poate fi utilizat în calitate de senzori de umiditate și ca receptori din regiunea UV.
8. În perioada 30 mai – 5 iunie 2022 a fost organizat Simpozionul științifico-practic internațional „Monitorizarea și protecția infrastructurii critice cu ajutorul sistemelor fără pilot”, în parteneriat cu Universitatea din Žilina (Slovacia), Universitatea Sannio din Benevento (Italia), Universitatea Sapienza din Roma (Italia), cu prezentarea tehnologiilor inteligente de ultimă generație în monitorizarea și modelarea factorilor de mediu, precum și în prognozarea hazardurilor naturale și antropogene periculoase, <https://ephysimlab.usm.md/spsatcg5816/index.html>. Redactarea monografiei colective a Simpozionului științifico-practic internațional din seria „NATO Science Series”.
9. Organizarea pe 10 noiembrie 2022 în format mixt a Atelierului științifico-practic „*Tehnologii fizice avansate cu aplicarea UVS în monitorizarea și modelarea factorilor de mediu*” din cadrul Conferinței Științifice Naționale cu participare internațională „Integrare prin cercetare și inovare” de la USM.
10. A fost actualizat site-ul proiectului și publicate materialele de diseminare, <http://ephysimlab.usm.md/>.

11. Este înaintat în parteneriat internațional proiectul COST Action Proposal OC-2022-1-25805 „*stRartegy for dEveloping reUsable and recyclable Sensors for improved circulation of Economy (REUSE)*” și este coordonat proiectul internațional NATO.SPS.ATC.G5816 „*Monitoring and Protection of Critical Infrastructure Using Unmanned Systems*”, <https://ephysimlab.usm.md/spsatcg5816/> (co-diretor dr.hab. F.Paladi).
12. Este în derulare proiectul doctoral „*Aplicații adaptive de modelare a factorilor de mediu pentru analiza datelor și interpretarea rezultatelor monitorizării*”, sunt elaborate diverse teze de licență și masterat susținute la Facultatea de Fizică și Inginerie de la USM sub îndrumarea membrilor echipei de proiect.
13. Au fost publicate 7 articole științifice, dintre care 6 în reviste din bazele de date Web of Science și SCOPUS, și 15 rezumate la manifestări științifice. A fost depusă la AGEPI o cerere de brevet de invenție. Participarea la 5 expoziții și saloane internaționale de inventică și transfer tehnologic și obținerea a 4 medalii de aur și a unei medalii de argint.

5. Rezultatele obținute

Invenția „Procedeu pentru colectarea particulelor solide de poluanți din aer” se referă la identificarea factorilor care poluează atmosfera, în particular la colectarea particulelor solide de poluanți din aer, și poate fi utilizată pentru monitorizarea calității mediului. Problema pe care o rezolvă prezenta invenție constă în facilitarea procesului de colectare a particulelor solide de dimensiuni nano- și micro-metrice din aer pe suprafața siliciului monocristalin pentru cercetări ulterioare prin metodele AFM și EDAX, fără utilizarea filtrelor intermediare și a metodei de transfer ultrasonic al particulelor colectate. Prin urmare, procedeul de colectare a particulelor solide de poluanți din aer cu dimensiuni nano- și micro-metrice, conform invenției, elimină dezavantajele menționate mai sus prin faptul că, mai întâi, particulele sunt încărcate pozitiv în aer de un încărcător cu tensiune înaltă, care constă dintr-un filament subțire de wolfram și o sursă cu tensiunea înaltă de +5 kV, iar apoi sub acțiunea interacțiunii electrostatice particulele se depun pe suprafața placetei de siliciu monocristalin și pot fi examinate direct prin metodele microscopiei optice, AFM și EDAX. Rezultatul tehnic al invenției constă în facilitarea colectării *direct din aer pe suprafața siliciului monocristalin* a particulelor solide cu dimensiuni nano- și micro-metrice. Rezultatul tehnic obținut se datorează acționării asupra particulelor cu sarcina pozitivă prin intermediul încărcătorului de tensiune înaltă, precum și utilizării interacțiunii electrostatice pentru colectarea particulelor pe suprafața placetei de siliciu monocristalin. Astfel colectate, aceste particule pot fi supuse cercetărilor prin metode moderne în vederea stabilirii naturii lor și dimensiunilor. Echipa de proiect a depus la AGEPI cererea de brevet de invenție nr. s2022 0001 din 2022.01.12, Denumirea obiectului: „Procedeu pentru colectarea particulelor solide de poluanți din aer”, Autori: Arcadi Chiriță, Veaceslav Sprincean, Florentin Paladi, Titularul drepturilor patrimoniale: Universitatea de Stat din Moldova.

Locația surselor de poluare a mediului, a compozиției și concentrației gazelor emise în atmosferă, a timpului și periodicității acestor emisii sunt determinate în continuare la măsurările pe teren în plan orizontal și de la înălțime de către laboratorul mobil bazat pe dronă „SOWA”, fiind identificate sursele de poluare a aerului cu microparticule solide și gaze emise în atmosferă atât în plan orizontal în perimetru teritoriului monitorizat, cât și la trei altitudini diferite, fiind efectuate măsurători în regim de timp real ale concentrațiilor compușilor de clorură de hidrogen (HCl), formaldehidă (CH_2O), acid cianhidric (HCN), a compușilor organici volatili (VOCs),

precum și particulele fine (pulberile) în suspensie, PM_{2.5} și PM₁₀. Totodată, imaginile de topografie la măsurările AFM ulterioare efectuate în modul PinPoint pe probele colectate cu setări pentru lucrul în non-contact și cu interacție vârf-probă cât mai mică, pentru a perturba cât mai puțin microparticulele solide de pe suprafață, arată că pe suprafață se află particule și aglomerări de particule cu o forță de adeziune mare. Astfel, imaginile AFM arată prezența atât a particulelor mici cu dimensiunea de 80-200 nm, cât și a clusterelor mari de particule de 2-4 microni în lățime și până la 0,8 microni în înălțime [1]. De asemenea, în colaborare cu colegii de la Centrul de la Nanobiofotonica al Facultății de Fizică a Universității Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca, aceste studii au fost completate cu măsurători de microscopie confocală de fluorescență efectuate pe două sisteme de analiză microscopică. Ambele seturi de imagini obținute arată că aceste microparticule se pot distinge individual pe baza luminiscenței acestora. În primul set (RCM) contrastul este dat de intensitatea emisă de particula într-un anumit domeniu spectral, iar în celălalt caz (FLIM) – de timpul de viață de fluorescență. Pe de alta parte, măsurătorile FLIM arată clar că unele particule individuale prezintă timpi de viață de fluorescență compozit și aceste diferențe pot fi explicate prin compoziția, originea sau alte aspecte legate de particulele solide de poluanți [2].

A fost publicat studiul de stabilitate a stărilor de echilibru pentru sistemele dinamice în conformitate cu teoria stabilității în sens Liapunov, care constă în cercetarea sistemelor dinamice liniare corespunzătoare și, în anumite condiții folosind analiza sistemelor liniare, este posibil să formulăm concluzii valide privind stabilitatea stărilor de echilibru ale sistemelor neliniare respective [3]. Conceptul de stabilitate în sine se referă la teoria calitativă a sistemelor dinamice și, prin urmare, este posibil să formulăm criterii de stabilitate care nu țin de identificarea unei soluții exacte. Sunt formulate criteriile de stabilitate pentru sistemele dinamice liniare descrise de un sistem autonom de ecuații diferențiale liniare cu coeficienți reali constanti în cazuri critice ale teoriei stabilității în sens Liapunov atât pentru valorile proprii simple, cât și pentru cele multiple ale matricei coeficienților. Formularea propusă nu are legătură cu construcția formei canonice Jordan a matricei coeficienților și folosește numai informații despre ordinul matricei, rangul acestiei și multiplicitatea algebraică a valorilor proprii corespunzătoare cazurilor critice. În continuare au fost investigate dependențele stărilor de echilibru ale sistemelor dinamice multidimensionale de parametrii sistemului dinamic într-o vecinătate mică a valorilor de echilibru ale parametrilor. Sunt luate în considerație cazurile pentru valori obișnuite și de bifurcație ale parametrilor. Pentru ambele cazuri, au fost obținute reprezentările asimptotice pentru formulele de sensibilitate ale valorilor de echilibru ale parametrilor. Analiza stabilității stărilor de echilibru pentru sistemele complexe neliniare descrise de potențialul kinetic de tip Landau cu doi parametri de ordine a fost efectuată pentru două procese distincte de tranziție ca combinații de căi în serie și în paralel. Este analizat prin prisma modelului propus și sistemul complex Lotka–Volterra. Este publicată și rezolvarea riguroasă a problemei brahistocronei. Brahistocrona (în greacă: βράχιστος (brákhistos) - cel mai scurt, χρόνος (khrónos) - timp) este o curbă în plan vertical, de-a lungul căreia un punct material, care se mișcă fără frecare sub acțiunea gravitației, parcurge în cel mai scurt timp distanța între două puncte date. Pornind de la studiile experimentale ale lui Galileo Galilei (1638) și formularea matematică a lui Johann Bernoulli (1696), această problemă atrage atenția savanților până în zilele noastre. Rezolvarea riguroasă a problemei Brahistocronei cu aplicarea calculului variațional și reprezentarea soluțiilor în forma parametrică este publicată de prestigioasa revistă „International Journal of Non-Linear Mechanics” cu factorul de impact 3.336 [4].

Proprietățile structurale, morfologice și chimice ale structurii β -Ga₂O₃-GaS au fost investigate prin tehnica de difracție cu raze X (XRD), microscopia prin scanare electronică (SEM) și spectroscopia cu raze X cu dispersie de energie (EDX). Rezultatele publicate în anul 2022 au fost recunoscute și înalt apreciate de experții internaționali: „Sprincean et al. [134] made a Ga₂O₃/GaS:Zn nanostructured room temperature humidity sensor, which demonstrated acceptable sensitivity on the air relative humidity in the range from 42 to 92% and stable static characteristics over 6 months. (pagina 21)”. În: Jun Zhu et.al „Gallium Oxide for Gas Sensor Applications: A Comprehensive Review”, Materials 15 (2022) 7339, 36 p., <https://doi.org/10.3390/ma15207339>. Astfel, pentru măsurări a influenței umidității aerului asupra conductibilității electrice a structurii β -Ga₂O₃ pe substrat de GaS a fost confecționată o structură planară cu aria suprafeței de circa 28 mm² mărginită de doi electrozi din In. Grosimea structurii β -Ga₂O₃-GaS este de 78 μ m. Rezultatele de bază descrise în acest articol sunt următoarele: Intensitatea curentului prin eșantion a fost de circa $1,8 \cdot 10^{-11}$ A la tensiunea de 20 V, umiditatea relativă a aerului de 38% și în condițiile iluminării cu lumina de zi. După conectarea tensiunii la electrozi, intensitatea curentului monoton se micșorează timp de 3 min până la circa $8 \cdot 10^{-12}$ A. La majorarea umidității relative a aerului până la 92% se observă o majorare de aproape 10 ori a curentului timp de circa 40 s, după care intensitatea curentului monoton crește și după circa 500 s atinge starea staționară de $1,4 \cdot 10^{-10}$ A. Micșorarea intensității curentului prin eșantion în primele 5 min după conectarea tensiunii în circuit este cauzată de polarizarea electrică în stratul de β -Ga₂O₃, efect caracteristic materialului dielectric. De asemenea, același efect cauzează creșterea monotonă a curentului în intervalul de timp de la 420 s până la saturăție, proces care durează circa 500 s. Efectul de polarizare electrică se evidențiază bine în dependența de timp a intensității curentului, când eșantionul este supus unor cicluri repetate cu durata de 3 min la umidități relative a aerului de 42% și 90%, respectiv. Majorarea curentului în circuit la trecerea de la un ciclu de variație a umidității la altul este determinat de faptul că durata unui ciclu este mai mică decât timpul necesar pentru atingerea stării de saturăție. Prin urmare, la tratamentul termic în aer la temperaturi din intervalul 1073-1093 K a plăcilor monocristaline de GaS dopate cu 0,01% at de Zn au fost obținute straturi *n*- β -Ga₂O₃-*p*-GaS-Zn fotosensibile în regiunea lungimilor de undă $200 < \lambda < 320$ nm. Atât fotosensibilitatea, cât și conductibilitatea electrică la iluminare cu lumină albă a stratului de *n*- β -Ga₂O₃ este funcție de concentrația vaporilor de apă din mediul în care se fac măsurările. Dependența curentului electric în circuit la umidități relative ale aerului din intervalul 42-92%, precum și de tensiunea aplicată la structura *n*- β -Ga₂O₃-*p*-GaS-Zn la iluminare cu lumina de zi (albă) și cu radiație din banda de absorbție fundamentală a compusului β -Ga₂O₃ nanostructurat (nanofire și nanopanglici) au demonstrat că aceste structuri pot fi aplicate ca senzori de umiditate și ca receptori din regiunea UV [5, 6].

A fost dezvoltată o tehnică de înregistrare a fluorescenței plantelor sub excitație laser de la distanță, folosind aparate de zbor fără pilot. Au fost utilizate surse de radiații laser cu lungimi de undă de 405 nm și 450 nm. Modificarea dependenței spectrale a fluorescenței face posibilă detectarea bolilor plantelor în stadii incipiente. Pentru a supraveghea plantațiile respective se folosesc imaginile obținute de la distanță cu ajutorul aparatelor de zbor fără pilot (UAV - *Unmanned Aerial Vehicle*) dotate cu accesoriu de înregistrare a intensității radiației solare împrăștiate sau a radiației luminiscente emise de plante. UAV-ul a fost programat să se ridice deasupra coroanei copacilor și cu ajutorul camerei HD a fost selectat obiectul pentru cercetare, după care a fost pornită camera multispectrală și obiectul studiat a fost scanat cu radiație laser cu lungime de undă 405 nm. După efectuarea acestui experiment pe platforma UAV-ului, în locul laserului de 405 nm a fost montat un alt dispozitiv laser cu lungimea de undă 450 nm și au fost

efectuate studii similare. Camera multispectrală MAPIR Survey3 înregistrează imagini în regiunile verde, roșu și infraroșu apropiat ale spectrului, ceea ce exclude influența radiației laser din regiunile violet (405 nm) și albastru (450 nm) ale spectrului asupra semnalului de fluorescență. În locul scanării cu laser se observă o suprapunere a semnalului de fluorescență pe lumina solară reflectată pe suprafața frunzelor. Ulterior, imaginile obținute sunt prelucrate la calculator folosind software unei camere digitale multispectrale.

În calitate de receptori se folosesc fotodetectori cu bandă largă de sensibilitate pe bază de Si. Fotosensibilitatea acestor detectori acoperă intervalul spectral de la 250 nm până la circa 1200 nm cu maxim de sensibilitate în regiunea 880÷920 nm. Îngustarea benzii de fotosensibilitate se realizează cu ajutorul filtrelor optice absorbționale sau interferențiale. Atât reflexia, cât și fotoluminescența eșantioanelor sunt determinate de tranzițiile electronice în macromoleculele componente ale acestora. Fiecare tip de molecule, conform principiului Franck-Condon, dispune de un anumit ansamblu de benzi vibraționale componente ale spectrului electronic de intensitate maximală. Varietatea tipurilor de molecule din plante conduce la faptul că benzile caracteristice se combină formând un spectru integral corespunzător stării plantelor. În studiile noastre se obțin spectrele de reflexie difuză și de fotoluminescență ale frunzelor viței de vie pe parcursul perioadei de vegetație, adică în perioada lunilor mai-septembrie 2022. Astfel, spectrele de reflexie difuză au fost înregistrate cu ajutorul sferei integrate. În calitate de etalon s-a folosit pulberea de BaO. Spectrul de reflexie a frunzelor fără defecte vizibile în regiunea spectrală 400÷800 nm conține două benzi cu maxime la lungimea de undă (560÷570) nm și alta cu maxim la 780 nm. În intervalul spectral 400÷500 nm coeficientul de reflexie este mai mare de 5%. Un minim de reflexie cu $R_{dif} \approx 6\%$ este localizat la lungimea de undă a radiației incidente de 690 nm. Informație suplimentară despre starea plantelor de pomi fructiferi și de viță de vie s-a obținut și din spectrele de fotoluminescență. Fotoluminescența eșantioanelor din frunze de persic, măr, prun și viță de vie a fost excitată cu radiația ultravioletă (UV) cu lungimea de undă 337,4 nm și radiația violetă cu $\lambda=405$ nm. Spectrele frunzelor colectate la începutul perioadei de vegetație (15÷20) mai conțin o bandă largă de emisie în intervalul lungimilor de undă 400÷680 nm cu un maxim de intensitate în intervalul lungimilor de undă 450÷480 nm. Odată cu gradul de degradare a frunzelor, intensitatea acestei benzi se micșorează. Totodată este prezentă o bandă de FL în regiunea de frontieră roșu-infraroșu apropiat (670÷850) nm. Pe conturul acestei benzi se evidențiază un platou la 680 nm și două maxime de intensitate la 695 nm, precum și altul la circa 740 nm. După cum au demonstrat multiplele măsurători ale spectrelor de luminescență, structura acestei benzi FL și corelația dintre intensitățile sub-benzilor sunt criterii veridice de caracterizare a stării de vegetație. Structura benzii FL din regiunea vizibilă practic nu se modifică pronunțat la excitare cu radiația cu lungimea de undă 405 nm. Totodată, la o asemenea excitare se evidențiază bine particularitățile benzii din regiunea roșu-IR apropiat. Rezultatele obținute sunt prezentate în 9 comunicări științifice din cadrul ediției III de la USM a Atelierului științifico-practic „Tehnologii fizice avansate cu aplicarea UVS în monitorizarea și modelarea factorilor de mediu” organizat în cadrul proiectului de cercetare.

Totodată, implementarea de către echipa de proiect a sistemului *eALERT* va asigura diminuarea poluării mediului ambiant în arealul de realizare a sistemului; ameliorarea sănătății populației, precum și minimizarea efectelor negative ale hazardurilor naturale și antropogene periculoase. Mai mult ca atât, expertiza echipei noastre de cercetători permite cartografierea calității aerului prin determinarea dimensiunii și naturii microparticulelor din atmosferă, determinarea locației surselor de poluare a mediului, a compoziției și concentrației gazelor emise, a timpului și periodicității acestor emisii etc. Prin urmare, de la avertizarea calitativă a

populației pe termen scurt și mediu prin enunțarea codurilor de alertă se va trece la un sistem modern de avertizare în timp real în dependență de manifestarea într-un moment concret de timp a hazardurilor naturale și antropogene periculoase.

6. Diseminarea rezultatelor obținute în formă de publicații:

Articole în reviste științifice – 7

în reviste din bazele de date Web of Science și SCOPUS – 6

1. SPRINCEAN, V., PALADI, A., ANDRUH, V., CHIRITA, A., PALADI, F. UAV-based monitoring and AFM analysis of airborne pollutants. In: *IEEE Xplore*. 2022, p.1-6, doi: 10.1109/MetroAeroSpace54187.2022.9855944.
2. SPRINCEAN, V., CHIRITA, A., LEONTIE, L., ASTILEAN, S., FOCSAN, M., CRACIUN, A.-M., PALADI, A., ANDRUH, V., PALADI, F. Advanced physical technologies with the UVS application in environmental security. In: *Monitoring and protection of critical infrastructure by unmanned systems* (coordonatori: DAPONTE P., PALADI F.). NATO Science Series, Amsterdam: IOS Press, 2022 (în tipar).
3. BARSUK, A.A., PALADI, F. Sensitivity analysis of the equilibrium states of multi-dimensional dynamical systems for ordinary and bifurcation parameter values. In: *The European Physical Journal B: Condensed Matter and Complex Systems*, Springer. 2022, vol. 95, no. 3, 54, 14 p., <https://doi.org/10.1140/epjb/s10051-022-00276-2>, IF=1,398.
4. BARSUK, A.A., PALADI, F. On parametric representation of brachistochrone problem with Coulomb friction. In: *International Journal of Non-Linear Mechanics*, Elsevier. 2023 (publicat online 13.10.2022), vol.148, 104265, 8 p., <https://doi.org/10.1016/j.ijnonlinmec.2022.104265>, IF=3,336.
5. SPRINCEAN, V., LEONTIE, L., CARAMAN, Iu., UNTILA, D., GIRTAN, M., GURLUI, S., LISNIC, P., DOROFTEI, C., CARLESCU, A., IACOMI, F., CARAMAN, M. Optical and photosensitive properties of flexible n(p)-InSe/In₂O₃ heterojunctions. In: *Materials*, MDPI. 2022, vol. 15, no. 9, 3140, 13 p., <https://doi.org/10.3390/ma15093140>, IF=3,748.
6. SPRINCEAN, V., CARAMAN, M., SPATARU, T., FERNANDEZ, F., PALADI F. Influence of the air humidity on the electrical conductivity of the β-Ga₂O₃-GaS structure: air humidity sensor. In: *Applied Physics A*, Springer. 2022, vol.128, no.4, 303, 7 p., <https://doi.org/10.1007/s00339-022-05402-6>, IF=2,983.

în reviste din Registrul Național al revistelor de profil (Categorie B) – 1

7. GLADCHI, V. Starea vremii în municipiul Chișinău în anii 2011 și 2021. Studiu comparativ. In: *Studia Universitatis Moldaviae*, seria „Științe reale și ale naturii”. 2022, nr. 6 (151), ISSN 1857-498X (în tipar).

Teze în culegeri științifice – 15

în lucrările manifestărilor științifice internaționale (peste hotare) – 7

8. SPRINCEAN, V., LEU, A., PALADI, F. eALERT platform for real-time monitoring. In: *Proceedings of the 17th International Conference of Constructive Design and Technological Optimization in Machine Building (OPROTEH)*, 25-27 mai 2022, Bacău, România, p. 101-102 ISSN 2457-3388.

9. CHIRITA, A., SPRINCEAN, V., PALADI, A., ANDRUH, V., SAVVA, M., BULIMAGA, T., JALENCU, M., PALADI, F. Method for collecting solid particles of air pollutants. In: *Proceedings of the 14th European Exhibition of Creativity and Innovation EUROINVENT, 26-28 mai 2022, Iași, România*, p. 163. ISSN: 2601-4564.
10. SPRINCEAN, V., LEONTIE, L., GURLUI, S.-O., LUPAN, O., HANSEN, S., ADELING, R., BRANISTE, T., CARAMAN, M. Preparation, characterization and optical properties of β -Ga₂O₃ nano-formations on Ga₂Se₂ substrate for nanoelectronics. In: *EMRS Spring Meeting Virtual Conference, 30 mai - 3 iunie 2022, C 13.35*, https://www.european-mrs.com/sites/default/files/symposium/pdf/program_sympo_c.pdf.
11. VATAVU, E., DMITROGLO, L., SPRINCEAN, V., SPOIALA, D., LECA, L., CARAMAN, M., VATAVU, S. n-Ga₂O₃/p-GaSe heterojunctions: preparation technology vs optical and photoelectrical. In: *EMRS Spring Meeting Virtual Conference, 30 mai - 3 iunie 2022, N 7.9,* https://www.european-mrs.com/sites/default/files/symposium/pdf/program_sympo_n.pdf
12. CHIRITA, A., SPRINCEAN, V., LEU, A., BUIMESTRU, R., ANDRUH, V., PALADI, A., SAVVA, M., BULIMAGA, T., JALENCU, M., PALADI, F.. Advances in environmental monitoring and identification of airborne pollutants. In: *Proceedings of the 26th International Exhibition of Inventions INVENTICA, 22-24 iunie 2022, Iași, România*, p. 221. ISSN: 1844-7880.
13. CHIRITA, A., SPRINCEAN, V., LEU, A., BUIMESTRU, R., ANDRUH, V., PALADI, A., SAVVA, M., BULIMAGA, T., JALENCU, M., PALADI, F.. Method for collecting solid particles of air pollutants and real-time monitoring. In: *Catalog oficial al Salonului Internațional de Invenții și Inovații „TRAIAN VUIA”, 8-10 octombrie 2022, Timișoara, România*, p. 74-75. CZU: 001.894.
14. SPRINCEAN, V., LEU, A., CHIRITA, A., BUIMESTRU, R., ANDRUH, V., PALADI, A., SAVVA, M., BULIMAGA, T., JALENCU, M., PALADI, F. Real-time environmental monitoring and characterization of airborne pollutants. In: *Proceedings of the 20th edition of the International Exhibition of Research, Innovations and Inventions PRO INVENT, 26-28 octombrie 2022, Cluj-Napoca, România*, p. 188. ISSN: 2810 – 2789

în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională – 8

15. PALADI, F., BARSUC, A. Analysis of solutions for the systems of nonlinear equations depending on parameters. În: *Conferința științifică națională cu participare internațională „Integrare prin Cercetare și Inovare”, Rezumatele comunicărilor: Științe ale naturii și exakte. 10-11 noiembrie 2022, Chișinău, Republica Moldova*. Chișinău: CEP USM, p. 215-217. CZU: 531.33.
16. BARSUC, A., PALADI, F. On systems of nonlinear equations depending on parameters. În: *Conferința științifică națională cu participare internațională „Integrare prin Cercetare și Inovare”, Rezumatele comunicărilor: Științe ale naturii și exakte. 10-11 noiembrie 2022, Chișinău, Republica Moldova*. Chișinău: CEP USM, p. 218-220. CZU: 531.33.
17. GLADCHI, V. Schimbările climatice în municipiul Chișinău. Comparația vremii în anii 2011 și 2021. În: *Conferința științifică națională cu participare internațională „Integrare prin Cercetare și Inovare”, Rezumatele comunicărilor: Științe ale naturii și exakte. 10-11 noiembrie 2022, Chișinău, Republica Moldova*. Chișinău: CEP USM, p. 215-217. CZU: 504.3.054(478).

18. SPRINCEAN, V., CHIRIȚA, A., CARAMAN, M., PALADI, F. Reflexia difuză și fotoluminescența frunzelor de viață de vie în diferite perioade de vegetație a plantelor. În: *Conferința științifică națională cu participare internațională „Integrare prin Cercetare și Inovare”, Rezumatele comunicărilor: Științe ale naturii și exacte.* 10-11 noiembrie 2022, Chișinău, Republica Moldova. Chișinău: CEP USM, (în pr. de editare). CZU: 535.37:574.
 19. CHIRIȚA, A., SPRINCEAN, V., SAVVA, M., PALADI, F. Detectarea semnalelor de fluorescență a plantelor la distanță cu folosirea UAV. În: *Conferința științifică națională cu participare internațională „Integrare prin Cercetare și Inovare”, Rezumatele comunicărilor: Științe ale naturii și exacte.* 10-11 noiembrie 2022, Chișinău, Republica Moldova. Chișinău: CEP USM, (în proces. de editare). CZU: 535.37:574.
 20. LEU, A., JALENCU, M., SAVVA, M., CARAMAN, M., PALADI, F., SPRINCEAN, V. Impactul economic și de mediu al platformei *eALERT* pentru monitorizarea în timp real a calității aerului. În: *Conferința științifică națională cu participare internațională „Integrare prin Cercetare și Inovare”, Rezumatele comunicărilor: Științe ale naturii și exacte.* 10-11 noiembrie 2022, Chișinău, Republica Moldova. Chișinău: CEP USM, (în proces. de editare). CZU: 535.37:574.
 21. LOZOVANU, P., PALADI, F., BULIMAGA, T. Perspectiva utilizării nanoclusterilor de carbon Cn în prelevarea probelor din atmosferă. În: *Conferința științifică națională cu participare internațională „Integrare prin Cercetare și Inovare”, Rezumatele comunicărilor: Științe ale naturii și exacte.* 10-11 noiembrie 2022, Chișinău, Republica Moldova. Chișinău: CEP USM, (în proces. de editare). CZU: 535.37:574.
 22. MATVEEV, S., SPRINCEAN, V., VORNIC, V., Utilizarea UAV în cercetările arheologice din bazinul râului Cogâlnic. Situl Lipoveni II-la nisipărie. În: *Conferința științifică națională cu participare internațională „Integrare prin Cercetare și Inovare”, Rezumatele comunicărilor: Științe ale naturii și exacte.* 10-11 noiembrie 2022, Chișinău, Republica Moldova. Chișinău: CEP USM, (în proces. de editare). CZU: 535.37:574.
7. Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute în cadrul proiectului

Impactul științific al proiectului este determinat de rezultatele științifice obținute, care au fost aprobate la nivel internațional prin acceptarea publicării articolelor în reviste de prestigiu cu recenzenți din domeniu din bazele de date Web of Science și SCOPUS. Echipa de cercetători este invitată anual la Conferința internațională *IEEE International Workshop on Metrology for AeroSpace (IEEE MetroAeroSpace)*, care se desfășoară și sub patronajul Laboratorului de cercetări științifice „Fizica Mediului și Modelarea Sistemelor Complexe” de la USM, a se vedea: https://ephysimlab.usm.md/?page_id=279&lang=ro, participă la expertizarea articolelor științifice pentru reviste naționale și internaționale de profil, a proiectelor de cercetare și comunitare. De asemenea, implementarea proiectului asigură obținerea unui substanțial efect socio-economic, determinat, în primul rând, de rezultatele generate de realizarea proiectului. Aceste rezultate se referă direct la diminuarea poluării mediului ambiant, ameliorarea sănătății populației, precum și minimizarea efectelor negative ale hazardurilor naturale și antropogene periculoase. Toate acestea, în consecință, asigura maximizarea rezultatelor economice și sociale, adică de eficientizare a activității sistemului socio-economic. Nu în ultimul rând, cursurile susținute studenților Facultăților de Fizică și Inginerie, Chimie și Tehnologie Chimică de la Universitatea de Stat din Moldova sunt actualizate ca conținut și modernizate tehnic ca urmare și

a implementării acestui proiect de cercetare, iar un doctorand înmatriculat în anul 2021, care este și membru al echipei de proiect, continuă cercetările la teza de doctorat intitulată „*Aplicații adaptive de modelare a factorilor de mediu pentru analiza datelor și interpretarea rezultatelor monitorizării*”.

8. Infrastructura de cercetare utilizată în cadrul proiectului

Echipamentul de cercetare constituie una dintre sursele cele mai importante pentru realizarea investigațiilor științifice. Utilizarea rațională și organizată a echipamentelor, precum și achiziționarea planificată și bazată pe necesitățile cercetătorilor este cheia succesului în activitatea de cercetare. Astfel, în proiect este utilizat echipamentul performant procurat la USM în anii 2018-2019: platformă de monitorizare a mediului Flying laboratory SOWA, model SmartCity SOWA; senzori de calitate a aerului Flying laboratory SOWA; Scaner LiDAR 3D mobil RP LiDAR A3; Aparate foto multispectral Survey 3W și FLIR Vue Pro R (rata de înregistrare 9 Hz, rezoluție 640*512 px cu posibilitatea înregistrării, radiometric, temperatură de funcționare: -40 °C până la 80 °C); 2 drone multicopter DongYang D800-X4, RC; dronă DJI Phantom 4 Pro; platformă de testare a dronelor DronesBench Index (IDB); program pe calculator licențiat Pix4Dmapper Professional drone-mapping, perpetual software license; Printer 3D DaVinci 1.1 Plus, WIFI, camera monitoring; scanner 3D Ciclop Estop Laser; Server PY TX2550 M4 Tower, CPU 8 nuclee, min freq. 3,0 GHz, SmartCach 20 Mb Ram 64 Gb HDD 5TB; 6 calculatoare PC Acer Nitro 50-600 cu monitoare 27" Big Screen BenQ GW2765HE QHD 1440P IPS LED; 2 notebook-uri ASUS 14.0" S410UN; 11- inch iPad Pro Wi-Fi, Cellular, 256GB; 2 tablete Samsung Galaxi Tab S2 9.7; printer MFP (multi-functional, all-in-one) Lexmarc MX 310dn; Intelligent Flight Battery for DJI Phantom 4, DJI Phantom 4 Pro, DJI Phantom 4 Pro V2.0, DJI Phantom 4 Advanced Drone, Li-Polymer, precum și prototipul aparatului și metoda de cercetare, elaborate la USM, pentru detectarea spectrelor de fluorescență și reflectanță structurilor organice și anorganice la distanță; surse de radiație laser cu lungimi de undă 405 nm, 447 nm, 532 nm, 450 nm și 635 nm etc. În caz de necesitate, sunt folosite și alte echipamente de cercetare performante de la USM din cadrul Laboratorului de cercetări științifice „Fizica Semiconductorilor și Dispozitivelor” și a Centrului Regional Interdisciplinar Științifico-Educațional pentru studiul materialelor avansate (CaRISMA, <http://carisma.usm.md/>), conform listei: http://usm.md/wp-content/uploads/Echipament_cercetare_USM.pdf.

9. Colaborare la nivel național în cadrul implementării proiectului

La nivel național, pentru a spori impactul socio-economic al proiectului, s-a elaborat în 2021 un proiect comun de inovare și transfer tehnologic cu cofinanțarea Companiei PRIDE SYSTEM S.R.L. Acordul de colaborare a fost semnat în data de 22 septembrie 2020, pentru realizarea colaborării în domeniul dezvoltării unei infrastructuri moderne TIC de stocare și transmitere a datelor monitorizării și modelării factorilor de mediu. În prezent se implementează în parteneriat proiectul de inovare și transfer tehnologic „Crearea platformei *eALERT* pentru monitorizarea mediului în regim de timp real și avertizarea instantanea a populației din Chișinău în cazul hazardurilor naturale și antropogene periculoase”, cu cifrul 22.80015.7007.262T. Crearea platformei *eAlert* necesită o experiență practică în domeniile *Industrial Internet of things* (abr: *IIoT*) și soluții bazate pe tehnologia LoRaWAN, de proiectare, implementare și gestionare a rețelelor transport de date fără fir LPWAN, precum și creării infrastructurilor IT&C hiperconvergente scalabile, pentru a atinge puterea de calcul necesară la cerere a resurselor

sistemului informatic și capabile să ia decizii informate, disponibilitate ridicată a capacitații de stocare pentru agregarea masivelor de date de telemetrie pe lungă durată. Însăși etimologia denumirii *eALERT* este: *e* - *environment* (în engleză - *mediu*), *ALERT* - *alert* (în engleză - a alerta, a avertiza). *eALERT* reprezintă, în primul rând, o rețea fără fir LPWAN compusă din dispozitive finale inteligente de tip *IoT* în continuare “noduri”, care transmit redundand date de telemetrie direct către stațiile de bază (în engleză - *Gateway*) dotate cu surse de alimentare autonome și memorie pentru stocare locală care acestea la rândul său le transferă la serverul de rețea. Inițial se propune o topologie a rețelei fără fir (în engleză - *Wireless*) de tip stea bazată pe tehnologia LoRaWAN, care ulterior, odată cu lărgirea zonelor geografice și majorarea semnificativă a nodurilor, se va transforma în una *multihop*, formând rețele „*wireless mesh*”. Fluxul de date de telemetrie de pe stații sunt transmise în regim de timp real prin rețeaua LoRaWAN către serverul de rețea. Prin serverul de aplicații securizat al platformei informaționale *eALERT* se pot accesa aplicațiile care consumă datele de la noduri prin serverul de rețea și le afișează în UI (în engleză - *User Interface*) în aşa fel încât să ofere informațiile cele mai relevante pentru beneficiari. Totodată, beneficiarii care dispun de propriile sisteme informaționale opțional pot accesa bidirectional prin API (în engleză - *Application Programming Interface*) datele de pe platforma *eALERT*. Comunicarea bidirectională oferă acces beneficiarilor (organizații de stat și/sau private etc.) la datele și informațiile din sistem. Este posibilă și expedierea directă de alerte atât acestor entități, cât și persoanelor fizice din lista de beneficiari (Fig.1). Astfel, informarea instantanee a populației din Chișinău în cazul hazardurilor naturale și antropogene periculoase se face prin expedierea de mesaje SMS la lista de abonați. Mai mult ca atât, funcționalitatea platformei *eALERT* este scalabilă, fapt ce permite expedierea și altor avertizări sau informații solicitate de beneficiari în regim de timp real, prin colaborare cu alte structuri guvernamentale, cum ar fi Direcția generală asistență socială și sănătate a Primăriei Chișinău, Inspectoratul General pentru Situații de Urgență, Agenția de Mediu și Serviciul Hidrometeorologic de Stat din Republica Moldova.

De asemenea, există o bună colaborare cu partenerii de la DanAero (Saves Grup SRL), cu participarea cărora au fost realizate în continuare prospecțiuni aeriene în regiunile de cercetare. Mai mult ca atât, acești parteneri împreună cu alți invitați participă la Atelierul științifico-practic „*Tehnologii fizice avansate cu aplicarea UVS în monitorizarea și modelarea factorilor de mediu*” din cadrul Conferinței științifice naționale cu participare internațională „*Integrare prin cercetare și inovare*”, desfășurată anual la USM în luna noiembrie către Ziua Internațională a Științei pentru Pace și Dezvoltare, unde interacționează cu membrii echipei de proiect, studenți, masteranzi și doctoranzi.

10. Colaborare la nivel internațional în cadrul implementării proiectului

Colaborarea la nivel internațional s-a realizat în cadrul cercetărilor planificate și activități invitate de colaborare științifică internațională în cadrul tematicii proiectului, la diseminarea rezultatelor și extinderea internaționalizării cercetărilor. În particular, se desfășoară cercetări și există un articol publicat în parteneriat cu colegii de la City University of New York din SUA privind influența umidității aerului asupra conductibilității electrice a structurii β -Ga₂O₃ pe substrat de GaS. De asemenea, Università degli Studi del Sannio di Benevento din Italia rămâne a fi un alt partener strategic în domeniul sistemelor de măsurare de înaltă precizie. În anul 2022 a fost începută o nouă colaborare de succes cu cercetătorii din cadrul Facultăților de Fizică de la Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași și Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca în

domeniul microscopiei de fluorescență, echipamentul de cercetare respectiv fiind absent în Republica Moldova. Astfel, au fost efectuate la Cluj-Napoca măsurători pe două sisteme de analiză microscopică, RCM și FLIM, fiind determinat timpul de viață de fluorescență pentru particulele solide de poluanți colectate la Chișinău. În parteneriat cu colegii din România au fost elaborate alte 3 publicații științifice comune cu impact internațional.

11. Dificultățile în realizarea proiectului

Putem constata că la data prezentării acestui raport nu a fost realizată licitația publică pentru procurarea din finanțarea instituțională a echipamentului de cercetare corelat cu obiectivele proiectului în anul 2022, astfel încât echipa de proiect să poată efectua setarea echipamentului nou și continua cercetările științifice planificate.

12. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de prezentări la foruri științifice

1. Sprincean Veaceslav, doctor în științe fizice, 17th International Conference of Constructive Design and Technological Optimization in Machine Building (OPROTEH 2022), Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău, România, 25-27 mai 2022, *eALERT platform for real-time monitoring*, comunicare orală, <https://oproteh.ub.ro/>.
2. Paladi Florentin, doctor habilitat în științe fizico-matematice, Simpozionul științifico-practic internațional „Monitorizarea și protecția infrastructurii critice cu ajutorul sistemelor fără pilot”, USM în parteneriat cu Universitatea din Žilina (Slovacia), Universitatea Sannio din Benevento (Italia) și Universitatea Sapienza din Roma (Italia), Chișinău, Moldova, 30 mai - 5 iunie 2022, *Advanced physical technologies with the UVS application in environmental security*, comunicare orală, <https://ephysimlab.usm.md/spsatcg5816/index.html>.
3. Sprincean Veaceslav, doctor în științe fizice, Prezentarea studiului de fezabilitate „Modernizarea învățământului superior TIC în Republica Moldova: Provocări și oportunități ale învățământului superior din Republica Moldova”, 22 iunie 2022, *Contribuție la educație pentru drone bazată pe proiectul Erasmus+ Educational for Drone (eDrone)*, comunicare orală.
4. Paladi Florentin, doctor habilitat în științe fizico-matematice, 2022 IEEE International Workshop on Metrology for AeroSpace (IEEE MetroAeroSpace 2022), Pisa, Italy, 27-29 iunie 2022, *UAV-based monitoring and AFM analysis of airborne pollutants*, comunicare orală.

13. Aprecierea și recunoașterea rezultatelor obținute în proiect

1. *Medalie de aur*, Method for collecting solid particles of air pollutants, Chirita Arcadi, Sprincean Veaceslav, Paladi Adrian, Andruh Vasili, Savva Marianna, Bulimaga Tatiana, Jalencu Marian, Paladi Florentin. Expoziția Europeană a Creativității și Inovării „EUROINVENT 2022”, ediția XIV online, Iași, România, 26-28 mai 2022.
2. *Medalie de aur*, Advances in environmental monitoring and identification of airborne pollutants, Chirita Arcadi, Sprincean Veaceslav, Leu Alexei, Buimestru Roman, Andruh Vasili, Paladi Adrian, Savva Marianna, Bulimaga Tatiana, Jalencu Marian, Paladi Florentin. Salonul Internațional de Invenții „INVENTICA 2022”, ediția a XXVI-a, Iași, România, 22-24 iunie 2022.

3. *Medalie de argint*, Interconectarea stațiilor modulare, Vasili Andruh, Marianna Savva. Târgul Internațional de Invențică și Educație Creativă pentru Tineret (ICE-USV 2022), Suceava, România, 10-12 iulie 2022.
4. *Medalie de aur*, Method for collecting solid particles of air pollutants and real-time monitoring, Chirita Arcadi, Sprincean Veaceslav, Leu Alexei, Buimestru Roman, Andruh Vasili, Paladi Adrian, Savva Marianna, Bulimaga Tatiana, Jalencu Marian, Paladi Florentin. Salonul Internațional de Invenții și Inovații „TRAIAN VUIA”, ediția a VIII-a online, Timișoara, România, 8-10 octombrie 2022.
5. *Medalie de aur*, Real-time environmental monitoring and characterization of airborne pollutants, Sprincean Veaceslav, Leu Alexei, Chirita Arcadi, Buimestru Roman, Andruh Vasili, Paladi Adrian, Savva Marianna, Bulimaga Tatiana, Jalencu Marian, Paladi Florentin. Salonul Internațional al Cercetării Științifice, Inovării și Inventicii PRO INVENT, ediția a XX-a, Cluj-Napoca, România, 26-28 octombrie 2022.

14. Promovarea rezultatelor cercetărilor obținute în proiect în mass-media

Este sistematic actualizat site-ul oficial al proiectului, <http://ephysimlab.usm.md/>, și sunt publicate materialele de diseminare: https://ephysimlab.usm.md/?page_id=50&lang=ro. De asemenea, reprezentanții mass-media au fost invitați la Simpozionul științifico-practic internațional „Monitorizarea și protecția infrastructurii critice cu ajutorul sistemelor fără pilot”, organizat la USM în perioada 30 mai – 5 iunie 2022 în parteneriat cu Universitatea din Žilina (Slovacia), Universitatea Sannio din Benevento (Italia) și Universitatea Sapienza din Roma (Italia), cu prezentarea tehnologiilor inteligente de ultimă generație în monitorizarea și modelarea factorilor de mediu, precum și în prognozarea hazardurilor naturale și antropogene periculoase, <https://ephysimlab.usm.md/spsatcg5816/index.html>, inclusiv și la Atelierul științifico-practic „Tehnologii fizice avansate cu aplicarea UVS în monitorizarea și modelarea factorilor de mediu” din cadrul Conferinței Științifice Naționale cu participare internațională „Integrare prin cercetare și inovare” de la USM din data de 10 noiembrie 2021. În prezent este în proces de redactare monografia colectivă a Simpozionului științifico-practic internațional din seria „NATO Science Series” (coordonatori: Daponte P., Paladi F.).

15. Teze de doctorat / postdoctorat susținute și confirmate în anul 2022 de membrii echipei proiectului

În anul 2022 nu au fost susținute și confirmate teze de doctorat / postdoctorat de către membrii echipei proiectului.

16. Materializarea rezultatelor obținute în proiect

Au fost semnate până în prezent trei acorduri de colaborare în domeniul de cercetare a proiectului, care se materializează astfel:

1. Compania PRIDE SYSTEM S.R.L. din Chișinău: pentru realizarea colaborării în domeniul dezvoltării unei infrastructuri moderne TIC de stocare și transmitere a datelor monitorizării și modelării factorilor de mediu. Ca rezultat, în prezent se implementează în parteneriat proiectul de inovare și transfer tehnologic „Crearea platformei eALERT pentru monitorizarea mediului în regim de timp real și avertizarea instantanea a populației din Chișinău în cazul hazardurilor naturale și antropogene periculoase”, cu cifrul 22.80015.7007.262T.

2. Rezervația Naturală „Codrii” cu sediul în s. Lozova, raionul Strășeni: pentru realizarea în parteneriat cu Secția Știință a Rezervației Naturale „Codrii” a proiectelor comune de informare și cercetare, pregătire și instruire a studenților, în funcție de interesele ambelor părți, în special cu referire la cercetarea spectrelor de reflectanță a microobiectelor biologice la distanță și monitorizarea proceselor de dezvoltare a plantelor din Rezervația Naturală „Codrii” prin măsurări ale spectrelor optice. Mai mult ca atât, interesele științifice au fost diversificate în anul 2022 cu referire la managementul speciilor invazive de plante din Parcul Național Orhei cu utilizarea tehnologiilor moderne bazate pe drone, pentru a reduce din amenințarea la adresa diversității biologice sau alte consecințe nocive pentru mediu.
3. SC Olimp Net S.R.L. din Râmnicu Sărat, România: pentru consultanță în organizarea cursurilor de formare în domeniul de aplicare a senzorilor și dronelor, organizarea conferințelor pe teme de actualitate în domeniul mediului și schimbărilor climatice.

17. Informație suplimentară referitor la activitățile membrilor echipei în anul 2022

PALADI Florentin, doctor habilitat în științe fizico-matematice, Co-director de țară al proiectul internațional NATO.SPS.ATC.G5816 „Monitoring and Protection of Critical Infrastructure Using Unmanned Systems”, <https://ephysimlab.usm.md/spsatcg5816/> (eveniment transferat din 2021 în 2022); Expert pentru reforma învățământului superior în cadrul Programului Erasmus+ al Uniunii Europene; Membru al Colegiului de redacție al revistelor științifice: „Moldavian Journal of the Physical Sciences”; „Studia Universitatis Moldaviae”, Seria Științe exacte; „Fizica și Tehnologiile Moderne”; Membru al Comitetului științific editorial al „Revistei de Fizică Medicală” editată de Colegiul Fizicienilor Medicali din România; Recenzent: Applied Nanoscience, Mathematical Reviews Database of the American Mathematical Society, Complexity, Intellectus etc.

BARSUC Alexandr, doctor habilitat în științe fizico-matematice, Membru al Colegiului de redacție al revistei „Studia Universitatis Moldaviae”, Seria Științe exacte.

CARAMAN Mihail, doctor habilitat în științe fizico-matematice, Membru al Colegiului de redacție al revistei „Studia Universitatis Moldaviae”, Seria Științe exacte.

GLADCHI Viorica, doctor în științe chimice, Redactor-șef adjunct al revistei științifice „Chemistry Journal of Moldova”; Membru al Colegiului de redacție al revistei „Studia Universitatis Moldaviae”, Seria Științe reale și ale naturii.

18. Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect în anul 2022 (în engleză și română)

The procedure for collecting solid particles of pollutants from the air with nano- and micrometric dimensions was implemented [Patent application no. s2022 0001 on 12.01.2022]. Solid particles of pollutants are positively charged in the air from a high voltage charger, which is formed by a thin tungsten filament and a high voltage source with positive potential of +5 kV, and then particles are collected on the surface of silicon monocrystalline wafer under the action of electrostatic interaction. Particles can be examined directly by means of optical microscopy, Atomic Force Microscopy (AFM), and Energy Dispersive X-ray Spectroscopy Surveys (EDAX), as well as fluorescence microscopy, such as Reflectance Confocal Microscopy (RCM) and Fluorescence Lifetime Imaging Microscopy (FLIM). Collection and AFM analysis of the fine dust particles from the atmosphere was performed. This study is completed with fluorescence spectral measurements for three obtained samples: two are on the quartz substrates and one is on

the surface of a silicon monocrystalline (opaque) wafer. Pollutant particles can be individually distinguished based on their luminescence, and RCM and FLIM measurements clearly indicate some individual particles exhibit composite fluorescence lifetimes [IEEE Xplore (2022) 1-6].

A new technique has been developed to record the fluorescence of plants under remote laser excitation using unmanned aerial vehicles. Laser radiation sources with wavelengths of 405 nm and 450 nm are used. Changing the spectral dependence of fluorescence makes it possible to detect plant diseases in early stages. Photoluminescence spectra for the leaf samples of peach, apple, plum and grapevine were excited with ultraviolet (UV) radiation of wavelength 337.4 nm and violet radiation of wavelength $\lambda=405$ nm. Photoluminescence spectra were recorded with spectrophotometric equipment with a high optical power monochromator of type MOR-2.

Multi-parametric methods of modeling phase transitions in the complex systems have been developed and stability analysis of the equilibrium states is performed for the dynamical complex systems, in particular with application to the Lotka-Volterra model [Eur. Phys. J. B 95(3) (2022) 54]. The rigorous solution of the brachistochrone problem with application of the variational calculus and representation of the solutions in parametric form was published [Int. J. Non-Linear Mech. 148 (2023) 104265].

A fundamental result was published, being obtained based on the dependence of the current intensity in the circuit at the relative air humidity range from 42 to 92% on the applied voltage to the $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3\text{-GaS:Zn}$ structure upon daylight irradiation of the sample, and with radiation from the fundamental absorption band of the $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ nanostructured compound, which shows that this compound can be used as humidity sensors and as receptors in the UV region [Appl. Phys. A 128(4) (2022) 303]. It is proved that, due to their optical and photosensitive properties, the flexible heterojunctions n(p)-InSe/In₂O₃ are suitable for optoelectronic applications [Materials 15 (2022) 3140].

The International Symposium "Monitoring and Protection of Critical Infrastructure by Unmanned Systems" was organized between May 30 - June 5, 2022, and the Scientific-practical Workshop "Advanced Physical Technologies with the UVS application in Monitoring and Modeling of Environmental Factors" on November 10, 2022, with the presentation of the dynamics of environmental factors, the latest intelligent technologies in monitoring and modeling of environmental factors, as well as forecasting dangerous natural and anthropogenic hazards. The project site is constantly updated, and the dissemination materials are published online, <http://ephysimlab.usm.md/>.

The research results are presented in 22 publications, including 6 articles in journals from Web of Science and SCOPUS databases, at 5 international exhibitions of inventions with 4 gold medals and one silver medal, as well as an innovation and technology transfer project being in progress. A patent application was submitted to AGEPI.

A fost implementat procedeul de colectare a particulelor solide de poluanți din aer cu dimensiuni nano- și micrometrice [CBI nr. s2022 0001 din 2022.01.12]. Particulele solide de poluanți sunt încărcate pozitiv în aer de un încărcător cu tensiune înaltă, care constă dintr-un filament subțire de wolfram și o sursă cu tensiunea înaltă de +5 kV, iar apoi particulele se depun pe suprafața placchetei de siliciu monocrystalin sub acțiunea interacțiunii electrostatice. Particulele pot fi examinate direct prin metodele microscopiei optice, AFM și EDAX, precum și a microscopiei de fluorescență RCM și FLIM. A fost efectuată colectarea și analiza AFM a particulelor fine de praf din atmosferă. Acest studiu este completat cu măsurători spectrale de fluorescență pentru trei probe obținute: două sunt pe substraturi de quarț și una este pe suprafața unei placchete de siliciu monocrystalin (opac). Particulele de poluanți se pot distinge individual pe

baza luminescenței acestora, iar măsurătorile RCM și FLIM indică clar că unele particule individuale prezintă timpi de viață de fluorescență compozit [IEEE Xplore (2022) 1-6].

A fost dezvoltată o tehnică nouă de înregistrare a fluorescenței plantelor sub excitație laser de la distanță, folosind aparate de zbor fără pilot. Sunt utilizate surse de radiații laser cu lungimi de undă de 405 nm și 450 nm. Modificarea dependenței spectrale a fluorescenței face posibilă detectarea bolilor plantelor în stadii incipiente. Spectrele de fotoluminescență ale eșantioanelor de frunze de piersic, măr, prun și viță de vie au fost excitate cu radiația ultravioletă (UV) cu lungimea de undă 337,4 nm și radiația violetă cu lungimea de undă $\lambda=405$ nm. Spectrele de fotoluminescență au fost înregistrate cu o instalație spectrofotometrică cu monocromator de putere optică înaltă de tipul MOR-2.

Au fost dezvoltate în continuare metodele multi-parametrice de modelare a tranzițiilor de fază în sistemele complexe și realizat studiul de stabilitate a stărilor de echilibru pentru sistemele dinamice complexe, în particular cu aplicare la modelul Lotka-Volterra [Eur. Phys. J. B 95(3) (2022) 54]. A fost publicată rezolvarea riguroasă a problemei brahistocronei cu aplicarea calculului variațional și reprezentarea soluțiilor în forma parametrică [Int. J. Non-Linear Mech. 148 (2023) 104265].

A fost publicat rezultatul fundamental obținut în baza dependenței curentului electric în circuit la umidități relative ale aerului din intervalul 42-92% de tensiunea aplicată la structura β -Ga₂O₃-GaS:Zn la iluminare cu lumina de zi (albă) și cu radiație din banda de absorbție fundamentală a compusului nanostructurat de β -Ga₂O₃, care demonstrează că acest compus poate fi utilizat în calitate de senzori de umiditate și ca receptori din regiunea UV [Appl. Phys. A 128(4) (2022) 303]. Este demonstrat că, datorită proprietăților optice și fotosensibile, heterojuncțiunile flexibile n(p)-InSe/In₂O₃ sunt potrivite pentru aplicații optoelectronice [Materials 15 (2022) 3140].

Au fost organizate Simpozionul științifico-practic internațional „Monitorizarea și protecția infrastructurii critice cu ajutorul sistemelor fără pilot” în perioada 30 mai - 5 iunie 2022 și Atelierul științifico-practic „Tehnologii fizice avansate cu aplicarea UVS în monitorizarea și modelarea factorilor de mediu” pe 10 noiembrie 2022, cu prezentarea dinamicii factorilor de mediu, a tehnologiilor inteligente de ultimă generație în monitorizarea și modelarea factorilor de mediu, precum și în prognozarea hazardurilor naturale și antropogene periculoase. Este permanent actualizat site-ul proiectului și sunt publicate online materialele de diseminare, <http://ephysimlab.usm.md/>.

Rezultatele cercetărilor sunt prezentate în 22 publicații, dintre care 6 articole în reviste din bazele de date Web of Science și SCOPUS, la 5 expoziții internaționale de inventică cu obținerea a 4 medalii de aur și a unei medalii de argint, fiind în proces de implementare și un proiect de inovare și transfer tehnologic. A fost depusă la AGEPI o cerere de brevet de invenție.

19. Recomandări, propuneri

Propunem excluderea din structura Raportului anual al unor itemi mai puțin relevanți pentru reflectarea conținutului activității de cercetare în cadrul proiectului, cum ar punctul 17. „Informație suplimentară referitor la activitățile membrilor echipei”.

Conducătorul de proiect

Data: 03.11.2022

LS



Steluț

/SPRINCEAN Veaceslav

**Executarea devizului de cheltuieli, conform anexei nr. 2.3 din contractul de finanțare
nr.71-PS din 03 ianuarie 2022**

Cifrul proiectului: 20.80009.7007.05

I. Buget (resurse generale)

Denumirea	Cod		Anul de gestiune 2021	
	Eco (k6)	Aprobat	Modificat +/-	Precizat
	211180	445,7		445,7
Remunerarea muncii angajaților conform statelor	212100	107,0		107,0
Contribuții de asigurări sociale de stat obligatorii	222990	0,3		0,3
Total		553,0		553,0

II. Cofinanțare (venituri colectate interne)

Denumirea	Cod		Anul de gestiune 2021	
	Eco (k6)	Aprobat	Modificat +/-	Precizat
	222920	1,0		1,0
Servicii de protocol	222990	10,1		10,1
Servicii neatribuite altor alineate	317110	8,5		8,5
Procurarea activelor nemateriale	335110	30,4		30,4
Procurarea materialelor pentru scopuri didactice, științifice și alte scopuri				
Total		50,0		50,0

Conducătorul organizației Şarov Igor

Contabil șef COJOCARU Liliana

Conducătorul de proiect SPRINCEAN Veaceslav

Data: 28.11.2022

LS



Componența echipei proiectului Monitor3D

Cifrul proiectului 20.80009.7007.05

Echipa proiectului conform contractului de finanțare (la semnarea contractului)						
Nr	Nume, prenume (conform contractului de finanțare)	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării	Data eliberării
1.	Sprincean Veaceslav	1980	dr.	0,5	03.01.2022	
2.	Paladi Florentin	1971	dr.hab.	0,5	03.01.2022	
3.	Caraman Mihail	1941	dr.hab.	0,5	03.01.2022	
4.	Borsuc Alexandru	1944	dr.hab.	0,5	03.01.2022	
5.	Lozovanu Petru	1960	dr.	0,5	03.01.2022	
6.	Chiriță Arcadii	1964	dr.	0,25	03.01.2022	
7.	Gladchi Viorica	1964	dr.	0,5	03.01.2022	
8.	Jalencu Marian	1970	dr.	0,25	03.01.2022	
9.	Bulimaga Tatiana	1973		0,5	03.01.2022	
10.	Savva Marianna	1990		0,5	03.01.2022	
11.	Andruh Vasili	1995	drd.	0,5	03.01.2022	

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor conform contractului de finanțare	18,2%
---	-------

Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2022					
Nr	Nume, prenume	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării
1.	-	-	-	-	-

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor la data raportării	18,2%
--	-------

Conducătorul organizației Igor Šarov / ŞAROV Igor

Contabil șef Liliana Cojocaru / COJOCARU Liliana

Conducătorul de proiect Veaceslav Sprincean / SPRINCEAN Veaceslav

Data: 11.11.2022

