

## ***Cosmic Ray Division (CRD): recent achievements***

2018 թ-ին ՏՃՖ բաժանմունքի կարևորագույն ձեռքբերումներից մեկը հայկական երկրաֆիզիկական ցանցի (AGN) մեկնարկն էր, որով սկիզբ դրվեց շրջակա միջավայրի տասնյակ կարևորագույն պարամետրերի գրանցմանն ու վերլուծությանը, ինչպես նաև գլոբալ փոփոխությունների և բնական աղետների կանխորոշմանը: AGN- ի կայանները գտնվում են Արագած լեռան լանջերին՝ ծովի մակերևույթից 2000 և 3200 մ բարձրությունների վրա, ինչպես նաև Երևանում, Սևանա լճի ափին, Դիլիջանի UWC միջազգային դպրոցում և Շուշիի համալսարանում: 2017 թ.-ին Հայաստանում՝ Արագածի բարձր լեռնային գիտահետազոտական կայանի սարքավորումների շուրջօրյա մշտադիտարկման արդյունքում գրանցվել են ավելի քան 100 ամպրոպային վերգետնյա աճեր (TGEs), կայանի վերևում ամպերի մեջ գործող էլեկտրոնի բնական արագացուցիչներից: Առաջին անգամ պատրաստվել է TGE-ի կատալոգ, որը ներկայացվել է տպագրության Scientific Reports of Nature պարբերականում: Կատալոգն ամփոփում է ամպրոպային վերգետնյա աճերի կարևորագույն պարամետրերը և դրանց հետ կապված մետեորոլոգիական և մթնոլորտային պարպումների դիտարկումները: [16] Աշխատանքը պատրաստվել է Երֆի մագիստրատուրայի ուսանողների ակտիվ մասնակցությամբ: 2017թ. -ին ՏՃՖ բաժանմունքի փորձառու գիտնականները տեղադրեցին մեկ այլ SEVAN մոդուլ Չելիխայի հանրապետությունում, ընդլայնելով եվրոպական ցանցը ևս մեկով և կայարանների թիվը հասցնելով 4-ի [7]:

Արագածում (3200 մետր) տեղակայված տարբեր մասնիկների դետեկտորներից և էլեկտրական դաշտի չափիչներից ստացվող շարունակական տվյալների հոսքը մտնում է MySQL տվյալների բազա և տվյալները on-line ժամանակով հասանելի են ADEI ինտերակտիվ WEB պլատֆորմի միջոցով: 2019 թ.-ին լրանում է 10 տարին, ինչ CRD ֆիզիկոսները սկսել են իրենց հետազոտությունները՝ բարձր էներգիայի ֆիզիկական մթնոլորտում, նոր ուղղությամբ: Կարևոր արդյունքներ են ձեռք բերվել, որոնք ապացուցում են մթնոլորտում փախչող էլեկտրոնների արագացման և բազմապատկման մոդելը [1,5]:

2017թ.-ի տվյալների վերլուծության վրա հիմնված ամենակարևոր արդյունքը երկարատև ցածր էներգիայի TGE (LL TGE) դիտարկումն ու նկարագրությունն է: Ժամեր շարունակ տևացող մասնիկների հոսքերի ավելացումները, ամպրոպային ամպերը դարձնում են երկրի բնական ռադիացիոն աղբյուրներից առավել ինտենսիվը: Մենք ցույց ենք տալիս, որ այդ ռադիացիան

ստեղծվում է ամպրոպային ամպերում ուժգին էլեկտրական դաշտերի մեջ [5, 8, 10]: Որոշվել են նաև կայծակի պարպման տեսակները, որոնք կտրուկ դադարեցնում են TGE [4]: Մեկ այլ հայտնագործություն էլ կապված է կայծակի առաջացման հանելուկային խնդրի հետ: ՏՃՖ բաժանմունքի ֆիզիկոսները բացահայտել են ուղիղ կապը մասնիկների հոսքերի և հաջորդող մթնոլորտային պարպումների միջև [3]: Բացի այդ, նոր բացահայտումներ են կատարվել ներամպային էլեկտրական դաշտի ուժգնության գնահատման համար, որը հիմնված է ամպրոպային ամպերից եկող մասնիկների էներգետիկ սպեկտրերի չափումների վրա: Դա շատ կարևոր և շատ դժվար թեմա է, որը հետազոտվում է ՏՃՖ-ի բաժանմունքում սկսած 2014 թ.-ից և շարունակվում է մեր նախկին աշխատակից Բագրատ Մայիլյանի կողմից, ով այժմ աշխատում է ՆԱՍՍ-ում [6]: Հետազոտվել է էլեկտրականացած մթնոլորտի ազդեցությունը մեծ աստղաֆիզիկական փորձերից ստացվող տվյալների վրա, որտեղ երկրային մթնոլորտն օգտագործվում է որպես թիրախ՝ տիեզերքում աստղերի ուժգին պայթյուններից արագացած ուլտրա-բարձր էներգիայի մասնիկների բազմապատկման համար: 2018 -ին մենք ուսումնասիրեցինք այդ էֆեկտները մթնոլորտային ուժեղ էլեկտրական դաշտերում մասնիկների տարածման մոդելներով [12]:

ՏՃՖ-ն ակտիվորեն մասնակցում է GloCAEM (Global Coordination of Atmospheric Electricity Measurements) նախագծին, որը հավաքում է մթնոլորտային էլեկտրականության տվյալներ և փորձագետների՝ որպեսզի էֆեկտիվ գլոբալ ցանցով կատարվեն մթնոլորտային էլեկտրականության արդյունավետ մոնիտորինգ: GloCAEM տվյալների բազան ներկայացնում է աշխարհագրական տարբեր վայրերում չափվող էլեկտրական դաշտերի միաչափ վերլուծությունը [15]:

2018 թ.-ին մենք շահեցինք ՀՀ կառավարության դրամաշնորհ՝ «Բարձր էներգիայի ֆիզիկայի և բնապահպանական հետազոտությունների համար տիեզերական ճառագայթների հոսքերի համապարփակ մոնիթորինգ» անվանմամբ գիտական նախագծի համար:

Ցավոք, մեկ այլ կիրառական ծրագիր՝ «Երկրի մագնիտոսֆերայի եւ մթնոլորտում պոտենցիալ վտանգավոր գործընթացների համապարփակ մոնիտորինգ և կանխատեսում», անվանմամբ չի ֆինանսավորվել Հայաստանի կառավարության կողմից: Այս կորուստը, ցավոք, նվազեցնում է Հայաստանում ճառագայթային վտանգների մասին անհրաժեշտ տեղեկատվության հավաքման հնարավորությունը: Եվրոպական գրեթե բոլոր երկրները նման ծրագիր ունեն և ատոմակայան շահագործող երկրում դա առաջնային անհրաժեշտություն է: Հայաստանը նման ծրագիր կարող է ունենալ շատ թանկ: Բոլոր

սարքավորումները պիտի արտադրվեն ՏՃՖ ում և մասամբ ֆինանսավորվելու էին ԱՄՆ-ում հայկական սփյուռքի կողմից:

Ցածր էներգիայի՝ (0.3-3MeV) տիրույթում բնական գամմա ճառագայթումը, որն առաջանում է Երկրի ընդերքում և շրջակա ժայռերում երկար ապրող իզոտոպներից, մեծ ներդրում ունի ֆոնային ճառագայթման վրա, որը չափվում է Արագածի գամմա սպեկտրոմետրերով: Բնական ճառագայթման ֆլուկտուացիաները՝ մթնոլորտային էլեկտրական դաշտերում ձևավորվող էլեկտրոն-ֆոտոնային հեղեղներով պայմանավորված ավելացումներից տարբերակման համար 2018 թ.-ին Արագածում սկսեցին Rn-222 (Ռադոն) կոնցենտրացիայի մոնիտորինգը բարձր ճշգրտությամբ սպեկտրոմետրերով:

2018 թ.-ին շարունակվել են բանակցությունները Եվրոպայում SEVAN մասնիկների դետեկտորների ցանցի ընդլայնման ուղղությամբ և նախնական պայմանավորվածությամբ 2 SEVAN դետեկտորներ կտեղադրվեն Համբուրգում՝ Դեզի, և Բեռլինում արևային և մթնոլորտային ֆիզիկայի առավել հետաքրքիր խնդիրների ուսումնասիրության համար:

Մենք նախատեսում ենք նոր սարքավորումներ տեղադրել Արագածում կայծակների հետազոտության համար ինչպես նաև նոր սեյսմոլոգիական կայան տեղադրել Նոր Ամբերդում Հայաստանի Գիտությունների ազգային ակադեմիայի Երկրաֆիզիկայի և ինժեներային սեյսմաբանության ինստիտուտի հետ համատեղ: Դա յուրահատուկ հնարավորություն կնձեռի միաժամանակ չափելու էլեկտրական ու գեոմագնիսական դաշտերը, նեյտրոնների հոսքերը և սեյսմիկ ալիքները: Մեր կողմից ստացված գիտական արդյունքները քննարկվել են Նոր-Ամբերդում անցկացված TEPA2018 սիմպոզիումի ժամանակ (տես կոնֆերանսի զեկույց [9]); Topical problems of nonlinear wave physics (NWP-2017) Մոսկվա - Սանկտ Պետերբուրգ, հուլիս 2017; NMDB սեմինար, Աթենք, Մարտ 2017թ.); AGILE symposium Results, challenges and prospects of gamma-ray astrophysics [14], Horizon 2020 COST action (Porto, October 2017, Cyprus, September 2018), ISSI meeting (Bern, January, 2018), GloCAEM project meeting (March 2018), EORADOS meeting, Prague, October 2018, CRREAT board meeting (October 2018), Atmospheric monitoring and calibration for high-energy astroparticle detectors and experiments (AtmoHEAD, Capri, September 2018), American geophysical Union annual meeting (AGU, December, Washington).

2018թ. –ի ապրիլին Ա. Չիլինգարյանը միջուկային հետազոտությունների միացյալ ինստիտուտում հանդես է եկել սեմինարով՝ Արևելյան Եվրոպայում տեղադրված SEVAN հանգույցների պատասխանատուների հետ համատեղ: Միջուկային հետազոտությունների միացյալ ինստիտուտը (JINR) շահագրգռված է հյուրընկալել SEVAN-ը՝ որպես աստղաֆիզիկայի նախագիծ: ՏՃՖ-ի հետազոտությունները ներառում են նաև ծրագրեր բազմաթիվ այն երկրների

հաստատությունների հետ, որտեղ ՏՃՖ-ն տեղադրել է նոր մասնիկների դետեկտորներ կամ ուղարկում է տվյալներ աշխարհի խոշորագույն տիեզերական ճառագայթների կենտրոն Արագածից: Վերջերս ԱՄՆ-ի մի շարք համալսարաններ հետազոտական նախագծեր են առաջարկել, որոնք ներառում են Արագածը որպես կայան որտեղ նրանք ցանկանում են տեղադրել ժամանակակից դետեկտորներ: Այս գեկույցի վերջում բերված է ՏՃՖ-ի միջազգային համագործակցությունը:

## References

1. Chilingarian A., Comments on the models based on the concept of runaway electrons for explaining high-energy phenomena in the terrestrial atmosphere, *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk, Seriya Fizicheskaya*, 2017, Vol. 81, No. 2, pp. 254–257, © Allerton Press, Inc., 2017.
2. Chilingarian A., Do relativistic elementary particles originate in the lightning discharges? *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk, Seriya Fizicheskaya*, 2017, Vol. 81, No. 2, pp. 258–261.
3. Chilingarian A., Chilingaryan S., Karapetyan T., et al., 2017, On the initiation of lightning in thunderclouds, *Scientific Reports* 7, Article number: 1371, DOI:10.1038/s41598-017-01288-0.
4. Chilingarian, A., Y. Khanikyants, E. Mareev, D. Pokhsranyan, V. A. Rakov, and S. Soghomonyan, 2017, Types of lightning discharges that abruptly terminate enhanced fluxes of energetic radiation and particles observed at ground level, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 122, 7582–7599.
5. Chilingarian A., Hovsepyan G., Mailyan B., 2017, In situ measurements of the Runaway Breakdown (RB) on Aragats mountain, *Nuclear Inst. and Methods in Physics Research*, A 874, 19–27.
6. Cramer, E. S., B. G. Mailyan, S. Celestin, and J. R. Dwyer (2017), A simulation study on the electric field spectral dependence of thunderstorm ground enhancements and gamma ray glows, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 122, 4763–4772, doi:10.1002/2016JD026422.
7. A. Chilingarian, V. Babayan, T. Karapetyan, et al., The SEVAN Worldwide network of particle detectors: 10 years of operation, *Advances in Space Research* 61 (2018) 2680–2696
8. Chilingarian A., Long lasting low energy thunderstorm ground enhancements and possible Rn-222 daughter isotopes contamination, *PHYSICAL REVIEW D* 98, 022007 (2018).
9. Chilingarian, A. A. (2018), High-energy processes in Earth's atmosphere and lightning, *Eos*, 99, <https://doi.org/10.1029/2018EO100941>. Published on 09 July 2018.
10. A.Chilingarian, G.Hovsepyan, S.Soghomonyan, M.Zazyan, M.Zelenyy, On the structures of the intracloud electric field supporting origination of Long Lasting Thunderstorm Ground Enhancements (LL TGE), *PHYSICAL REVIEW*, 98, 082001(2018).
11. A.Chilingarian, S.Soghomonyan, Y.Khanikyanc, D.Pokhsranyan, On the origin of particle fluxes from thunderclouds, *Astroparticle Physics*, 105 (2019) 54.



12. A.Chilingarian, J. Knapp, M.Zazyan, Monitoring of the atmospheric electric field and cosmic ray flux for the interpretation of results in high-energy astroparticle physics experiments, Proceedings of AtmoHEAD, EPJ Web of Conferences 197, 03001 (2019)
13. K.Apresyan, A.Chilingaryan, A.Ghalumyan, V. Ghazaryan, Upgrade of YerPhi polarization LIDAR System for Investigation of the Influence of Static Electric Fields on the Elastic and Raman Backscattered Beams Polarization, Proceedings of AtmoHEAD 2018, in press.
14. A.Chilingarian, Energetic radiation from thunderclouds: extended particle fluxes directed to Earth's surface, Rendiconti Lincei Scienze Fisiche e Naturali (LYNC), doi.org/10.1007/s12210-018-0755-y, 2019.
15. K.A.Nicoll, R.G.Harriso,V.Barta et al.,A global atmospheric electricity monitoring network for climate and geophysical research, JASTP, 184, 18 (2019)
16. A.Chilingarian, H.Mkrtchyan, G.Karapetyan, et.al., Catalog of 2017 Thunderstorm Ground Enhancement (TGE) events observed on Aragats, submitted to Researcharticles, NATire.

### **CRD International collaborations**

1. SEVAN Collaboration (Solar Physics, Atmospheric physics and Geophysics) includes Yerevan Physics Institute, Armenia, Institute of Nuclear Research and Nuclear Energy, Bulgaria, Ustav Jaderne Fyziky AV, Czech Rep., Ustav Experimentalnej Fyziky, Slovakia, Zagreb Observatory, Croatia.
2. NMDB Collaboration: Real-Time Database for high-resolution Neutron Monitor measurements; more than 40 European, Asian and American groups including CRD join efforts for research in solar physics and space weather.
3. GloCAEM project (global network for atmospheric electric field monitoring) – International project headed by the group of Redding Univ. UK, for atmospheric electricity research funded by NERC International Opportunities Fund grant NE/N013689/1.
4. Horizon 2020 COST Action: CA15211: “Atmospheric Electricity Network: coupling with the Earth System, climate and biological systems”
5. International Space Science Institute (ISSI) research group for "High-Energy Particles Sources and Powerful VHF Radiations in Electrically Active Atmosphere: Theoretical Models and Space Borne Instruments"
6. DESY – research and measurements of intracloud electric field for Cherenkov Telescope Array project.
7. Russian Scientific Foundation project 17-12-01439/2017, “Comprehensive research of high-energy particles sources and powerful VHF radiation in electrically active atmosphere based on ground-based measurements and satellite observations”, joint



A.I. Alikhanyan National Science Laboratory Foundation (Yerevan Physics Institute)

project of CRD with Institute of space Research of RAS, Moscow and Institute of Applied Physics of RAS, Nizhny Novgorod, headed by A.Chilingarian.

8. Work according to bilateral agreements with National Research Nuclear University MEPhI, and Scobeltecin Nuclear Physics institute, MSU, Moscow, Russia successfully continued.
9. MAGIC is European collaboration, operating is a system of two 17 meter Imaging Air Cherenkov Telescopes, located at the Observatorio Roque de los Muchachos at an altitude of 2200 meters on the Canary island of La Palma. MAGIC detects gamma rays in the very high energy regime between a few tens of GeV and tens of TeV.
10. Network of Solar Neutron Telescopes coordinated by Solar-terrestrial Environmental Laboratory, Nagoya University, Japan.
11. European Horizon 2020 CRREAT (Center of *Cosmic Rays and Radiation Events in the Atmosphere*) project, Nuclear Physics Institute of the CAS.
12. European Radiation Dosimetry Group (EURADOS).
13. World-Wide Lightning Location Network (WWLLN), University of Washington in Seattle.