Ա. Ի. ԱԼԻԽԱՆՅԱՆԻ ԱՆՎԱՆ ԱԶԳԱՅԻՆ ԳԻՏԱԿԱՆ ԼԱԲՈՐԱՏՈՐԻԱ
(ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ)

Մկրտչյան Հռիփսիմե Վարդանի

Երկրի մակերևույթին մոտ էլեկտրական դաշտի փոփոխության ուսումնասիրությունը ամպրոպների ընթացքում և լավ եղանակի ժամանակ

Ա.04.16 - «Միջուկի, տարրական մասնիկների և տիեզերական ճառագայթների ֆիզիկա» մասնագիտությամբ ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ – 2019

НАЦИОНАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ИМ. А.И. АЛИХАНЯНА
(ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ)

Мкртчян Рипсиме Вартановна

Изучение изменений электрического поля у поверхности Земли в ясную погоду и во время гроз.

Диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – “Физика ядра, элементарных частиц и космических лучей”.

АВТОРЕФЕРАТ

ЕРЕВАН - 2019

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Ա. Ի. Ալիխանյանի անվան Ազգային Գիտական Լաբորատորիայի (ԱԱԳԼ / ԵրՖի) գիտական խորհուրդում:
Գիտական ղեկավար՝
Ֆիզ.-մաթ գիտ. դոկտոր Աշոտ Չիլինգարյան (ԱԱԳԼ)

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝
Ֆիզ.-մաթ գիտ. դոկտոր Եվ. Մարեեվ (ՌԳԱ ԿՖԻ)
Ֆիզ.-մաթ գիտ. թեկնածու Գ. Կարապետյան (ԱԱԳԼ)
Առաջատար կազմակերպություն՝ Երևանի Պետական Համալսարան
Պաշտպանությունը կայանալու է 2019թ. հուլիսի 2-ին, ժամը՝ 14:00-ին, ԱԱԳԼ-ում գործող «ֆիզիկա 024» մասնագիտական խորհրդում (Երևան - 0036, Ալիխանյան եղբյարների փ. 2):
Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ԱԱԳԼ-ի գրադարանում:
Սեղմագիրն առաքված է 2019թ-ի մայիսի 10-ին:
Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար՝
Ֆիզ.-մաթ գիտ. դոկտոր Հ. Մարուքյան

Тема диссертации утверждена ученым советом Национальной Научной Лаборатории имени А. И. Алиханяна (ААНЛ /ЕрФИ).
Научный руководитель:
Док. физ.-мат. Наук А. Чилингарян (ААНЛ)

Официальные оппоненты:
Доктор физ.-мат. наук Е. Мареев (ИПФ РАН)
Канд. физ.-мат. наук Г. Карапетян (ААНЛ)

Ведущая организация: Ереванский Государственный Университет.
Защита состоится 2-го июля, 2019 г. в 14:00 часов на заседании специализированного совета ВАК 024 "Физика", Национальной Научной Лаборатории им. А.И.Алиханяна (Ереван-0036, ул. Братьев Алиханян 2).
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ААНЛ.
Автореферат разослан 10-го мая, 2019 г.
Ученый секретарь спец. совета:
доктор физ.-мат. наук Г. Марукян

Աշխատանքի ընդհանուր բնութագիրը

Երկրի մակերևույթին մոտ էլեկտրական դաշտի փոփոխությունների ուսումնասիրությունը խաղաղ և լավ եղանակի ժամանակ ցույց տվեց, որ ամպրոպաբեր ամպն ունի անփոխարինելի նշանակություն կլիմայի համար: 1750 թվականին Ֆրանկլինը ամպրոպը կապեց էլեկտրականության հետ, իսկ 1752 թվականին Լեմոննիերը բացահայտեց, որ լավ եղանակի վրա մթնոլորտային էլեկտրականությունը ունի ազդեցություն, այնուհետև 1920-ական թվականներին Վիլսոն Ս. Թ. Ռ խոսեց ամպրոպային ամպի էլեկտրական կառուցվածքի մասին: Հետագայում տրվեց համաշխարհային էլեկտրական շղթայի գաղափարը՝ ամպրոպները կապելով լավ եղանակի հետ, որի ժամանակ դրանք կատարում են մարտկոցների դեր: Վերջինների ուսումնասիրությունը սույն ատենախոսության հիմնական խնդիր է:

Ա. Ալիխանյանի անվան ազգային գիտական լաբորատորիայի Տիեզերական ճառագայթների բաժանմունքի (ՏՃԲ) գիտահետազոտական կայաններում (ամենաբարձրը՝ Արագած գիտահետազոտական կայան (3200 մ)) տեղադրված են տարատեսակ մասնիկների դետեկտորներ, էլեկտրական և մագնիսական դաշտերը չափող սարքեր, կայծակները գրանցող մոնիտորներ, ինչպես նաև օդերևութաբանական պարամետրերի տվիչներ: Բոլոր չափումներն ուղեկցվում են շուրջօրյա նկարահանումներով, որոնք թույլ են տալիս ամպրոպների ժամանակ եզրակացնել ամպի տեսքի, չափերի մասին, նաև լուսանկարել գրանցված կայծակները: Բազմաքանակ դետեկտորներն անընդհատ գրանցում են բարձր էներգիայի տիեզերական ճառագայթների լիցքավորված և չեզոք մասնիկներ: Ամպրոպների ժամանակ գրեթե միշտ դիտվում են մասնիկների հոսքերի ավելացումներ, որոնք ընդունված է անվանել Ամպրոպային վերգետնյա աճեր (ԱՎԱ, անգլերեն Thunderstorm Ground Enhancements (TGEs)): Գրանցված ԱՎԱ-ը պայմանավորված են ոչ միայն գամմա ճառագայթների ավելացումներով, այլև էլեկտրոնների ֆոնային, իսկ ավելի

հազվադեպ՝ նեյտրոնների հոսքերի աճերով: ԱՎԱ-ը սովորաբար տևում են ≈10 րոպե, սակայն գրանցվել են նաև ավելի կարճ և ավելի երկար տևողություն ունեցող դեպքեր:

Ատենախոսությունը նվիրված է ԱԱԳԼ ՏՃԲ-ի գիտահետազոտական կայաններում տեղադրված սարքավորումների տվյալների վերլուծությանը ուսումնասիրելով՝

- ✓ էլեկտրական դաշտը լավ եղանակի ժամանակ, համաշխարհային և տեղային ազդեցությունները նրա վրա,
- ✓ ամպրոպային ամպի էլեկտրական կառուցվածքը, ամպրոպների ժամանակ էլեկտրական դաշտի փոփոխության տեսակները,
- ✓ Ամպրոպային Վերգետնյա աճերը (ԱՎԱ),
- ✓ պարպումների ժամանակ էլեկտրական դաշտի փոփոխությունների բնութագրերը և պարպումներից հետո էլեկտրական դաշտի վերականգման կորերը:

Թեմայի արդիականությունը

Երկրի մագնիտասֆերայում և մթնոլորտում փոփոխվող դինամիկ երևույթները կարող են վտանգ ներկայացնել մարդկային քաղաքակրթության համար՝ կապված հաճախակի և անկանխատեսելի եղանակային փոփոխությունների հետ: Վերջին ժամանակներում աշխարհում դիտվող ուժգին կլիմայական փոփոխությունները և արտակարգ պատահարների թվի աճը ստիպում են ավելի մեծ ուշադրություն սևեռել այս ուղղությանը: Ստեղծելով, զարգացնելով և կիրառելով երկրային դիտողական մեթոդներ՝ հնարավոր կլինի նվազեցնել մթնոլորտային երևույթների վտանգավոր ազդեցությունները կամ կանխատեսել դրանք՝ գնահատելով ռիսկերը տնտեսության տարբեր ոլորտների համար: Այդ իսկ պատճառով, գիտության այս ոլորտի նկատմամբ վերջին տարիներին հետաքրքրությունը օրեցօր աճում է:

Երկրի էլեկտրական հատկությունները ուսումնասիրվում են դեռևս 1750-ական թվականներից, սակայն ներկայումս դեռ կան բազմաթիվ հարցեր, որոնք

չունեն սպառիչ պատասխաններ: Նախկինում կատարված հետազոտությունները ցույց տվեցին, որ գոյություն ունի էլեկտրական շղթա, որի միջոցով ամպրոպների ժամանակ պահպանվում է լայնամասշտաբ հոսանքի հոսքը մոլորակի շուրջ և դեպի խաղաղ եղանակային պայմաններով գոտիներ: Այն իրենից ներկայացնում է լավ եղանակին համապատասխանող էլեկտրական դաշտ, որի չափումները իրականացվում են էլեկտրական չափիչ սարքերի միջոցով: Այս տեսակի չափումները տեղեկություն են պարունակում համաշխարհային ամպրոպային ակտիվության, աերոզոլների կոնցենտրացիայի և ամպային ծածկի մասին:

Ամպրոպային ամպը ունի բարդ կառուցվածք: Հիմնականում հանդիպում է ամպի այնպիսի կառուցվածք, որտեղ վերին և միջին հատվածներում կուտակված են համապատասխանաբար դրական և բացասական լիցքավորված ամպային մասնիկները՝ շերտերի տեսքով: Ամպրոպի ժամանակ, սովորաբար, ամպի ստորին հատվածում առաջանում է դրական լիցքավորված շերտ, որն ընդունված է անվանել ստորին դրական լիցքավորված կենտրոն (ՍԴԼԿ, Lower positive charge region (LPCR)): Միջին հատվածում տեղակայված բացասական լիցքավորված շերտի և ՍԴԼԿ -ի միջև կամ նույն շերտի և երկրի վրա այդ շերտի առաջացրած հայելային ուժեղ էլեկտրական դաշտի շնորհիվ տիեզերական էլեկտրոնները արագանում են դեպի ներքև՝ ստեղծելով լրացուցիչ գամմա քվանտեր: Արդյունքում առաջանում են էլեկտրոնների, գամմա քվանտերի և երբեմն նաև նեյտրոնների հոսքերի ավելացումներ ֆոնի նկատմամբ, որոնք գրանցվում են մասնիկների դետեկտորների կողմից:

Աշխատանքի նպատակը

- Ուսումնասիրել համաշխարհային էլեկտրական շղթան և էլեկետրական դաշտի փոփոխությունը Հայաստանի տարբեր կետերում: Տարբեր բարձրությունների համար նկարագրել լավ եղանակին էլեկտրական դաշտի փոփոխությունը՝ ըստ օրվա ժամերի, ամիսների և տարբեր

օթերևութաբանական պարամետրերի դեպքում: Համեմատել վերջինս Կարնեգիի կորի և անցյալում կատարված լեռնային չափումների հետ:

- Ուսումնասիրել ամպրոպների ժամանակ էլեկտրական դաշտի փոփոխությունը, դասակարգել ամպրոպները ըստ դրա: Բնութագրել ԱՎԱ-ը տարբեր ամպրոպների ժամանակ: Նկարագրել ամպրոպային ամպի ներքին էլեկտրական կառուցվածքը՝ հիմնվելով ԱՎԱ-ի առաջացման նախադրյալների և ստորին դրական լիցքավորված կենտրոնի առկայության վրա:
- Ուսումնասիրել տարբեր կայաններում միևնույն պարպումների ժամանակ առաջացած էլեկտրական դաշտի խոտորումների տեսակները: Դասակարգել՝ ըստ էլեկտրական դաշտի կտրուկ փոփոխման տեսակների: Գտնել հնարավոր տարբերակման միջոցներ ներամպային և երկրային պարպումների համար:

Ստացված արդյունքների կիրառական նշանակությունը

Աշխատանքի ընթացքում ուսումնասիրված էլեկտրական դաշտի օրական փոփոխության կորը ցույց է տալիս Կարնեգիի կորից շեղում(Կարնեգիի կորը իրենից ներկայացնում է էլեկտրական դաշտի օրեկան փոփոխությունը՝ միջինացված ծովի մակերևույթին մոտ տեղանքներում կատարված չափումներից), ինչը բացահայտում է տեղային երևույթների ազդեցությունը էլեկտրական դաշտի վրա: Ամպրոպային ակտիվության վիճակագրական տվյալները և լավ եղանակին տեղային գործոնների ազդեցությամբ էլեկտրական դաշտի փոփոխությունը հիմք են ծառայում ամպրոպային ակտիվության կանխագուշակման համար:

Հիմնվելով էլեկտրական դաշտի խոտորումների և ԱՎԱ-ի բնութագրերի վրա՝ կարելի է նկարագրել ամպի ներքին կառուցվածքը: Վերջինս կարևոր է ամպրոպային աղետալի երևույթների կանխագուշակման ու հնարավոր

կանխարգելիչ միջոցառումների կազմակերպման համար: Նաև ԱՎԱ-ի առաջացման մեխանիզմների ուսումնասիրությունը թույլ է տալիս գնահատել ամպից եկող ճառագայթումը:

1564 պարպումների վիճակագրական վերլուծության շնորհիվ ստացվել են պարպումների բնութագրեր: Դրանց ժամանակ էլեկտրական դաշտի փոփոխությունների վերլուծությունը օգտագործվում է պարպումների տեսակների հնարավոր վերականգման համար:

Գիտական նորությունը

- Առաջին անգամ ուսումնասիրվել են լավ եղանակին էլեկտրական դաշտի փոփոխությունները Արագածի և Նոր Ամբերդի բարձր լեռնային գիտահետազոտական կայաններում, ինչպես նաև Երևանում և Դիլիջանում:
- Էլեկտրական դաշտի օրական փոփոխությունը համեմատվել է Կարնեգիի հայտնի կորի հետ, ուսումնասիրվել են կորից շեղումները:
- Կատարվել է ԱՎԱ-ի դասակարգում ըստ էլեկտրական դաշտի խոտորումների ձևի, ինչպես նաև՝ ամպրոպների վիճակագրական վերլուծություն՝ ըստ ժամերի, օրերի և ամիսների:
- Հետազոտվել են տարբեր կայաններում միևնույն պարպման առաջացրած էլէկտրական դաշտի փոփոխությունները, տրվել բնութագրական նկարագիր:

Պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները՝

- Տարբեր գործոնների ազդեցությամբ լեռնային հատվածներին բնորոշ էլեկտրական դաշտի օրական փոփոխության վարքը: Կապը օդերևութաբանական պարամետրերի և օրվա ժամերի հետ:

- Ամպրոպների դասակարգումը՝ ըստ երկրի մակերևույթին մոտ գրանցված էլեկտրական դաշտի փոփոխության: ԱՎԱ-ի առաջացումը տարբեր դասերի ժամանակ: ԱՎԱ-ի բաշխվածությունը՝ ըստ ամիսների և օրվա ժամերի:
- Պարպումների առաջացրած էլեկտրական դաշտի կտրուկ փոփոխությունները: Դրանց դասակարգումը՝ ըստ փոփոխության նշանի և էլեկտրական դաշտի վերականգման կորի, բնութագրական վերլուծությունը:

Ատենախոսության կառուցվածքը

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, երեք գլուխներից, ամփոփումից, օգտագործված գրականության և նկարների ցանկից:

Աշխատանքի բովանդակությունը

Ներածության մեջ հակիրճ ներկայացված են ուսումնասիրված խնդիրների արդիականությունը, ատենախոսության նպատակները, գիտական նորույթը և ստացված արդյունքների կիրառական նշանակությունը: Ինչպես նաև, նկարագրված են Ա. Ալիխանյանի անվան ազգային գիտական լաբորատորիայի գիտական կայանները և հետազոտությունների համար կիրառված սարքավորումները և համակարգչային գործիքները:

Առաջին գլուխը նվիրված է համաշխարհային էլեկտրական շղթայի ուսումնասիրությանը՝ հիմնվելով այն բնութագրող պարամետրերից մեկի՝ լավ եղանակին գրանցված էլեկտրական դաշտի վրա:

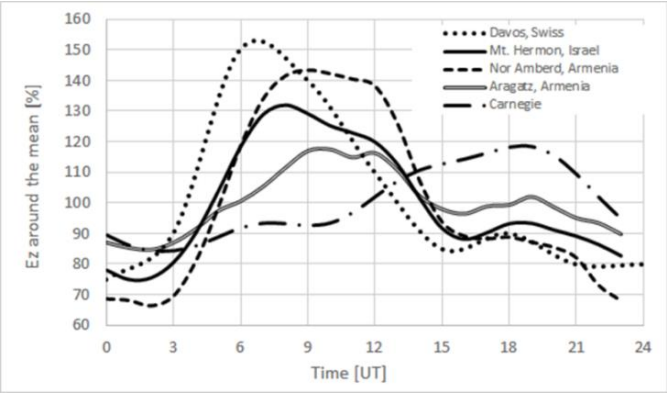
Աշխատանքում ներկայացված է էլեկտրական դաշտի չափումների ուսումնասիրությունը՝ իրականացված Հայաստանի ու Իսրայելի 5 տարբեր կայաններում: Ցույց է տրված, որ որոշակի ժամերի համար (օրինակ Ամերիկայի կայծակնային ակտիվությանը համապատասխան ժամանակահատվածում)

էլեկտրական դաշտի ուղղահայաց (Ez) բաղադրիչի և Կարնեգիի կորի միջև գոյություն ունի դրական կորելացիա, բայց այն նաև ցուցադրում է բավականին արտահայտիչ ցերեկային ավելացում, ինչը չենք տեսնում Կարնեգիի կորի վրա:

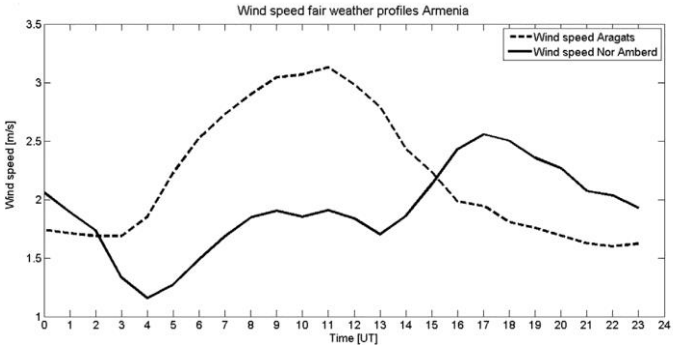
Նկար 1-ում ցուցադրված են երեք տարբեր կայաններում լավ եղանակի ժամանակ գրանցված էլեկտրական դաշտի օրական փոփոխության տվյալները՝ ժամանակից կախված (ներկայացված է UT-ով), որոնք համադրված են Կարնեգիի կորի և Շվեյցարիայի Դավոս լեռան վրա կատարված չափումների (Israel, 1970) հետ: Նոր Ամբերդի և Արագածի կայանների չափումներին համապատասխանող կորերը իրենցից ներկայացնում են համապատասխանաբար 408 և 403 խաղաղ օրերի միջինացված տվյալները (2011 թվականի հունիսից մինչ 2016 թվականի ապրիլը): Այստեղ որպես խաղաղ օրեր սահմանվել են այն օրերը, որոնց ընթացքում չի դիտվել ամպային ծածկույթ և քամու արագությունը չի գերազանցել 6մ/վ-ը: Ինչպես պարզ երևում է նկարից, կորերն ընդունում են իրենց նվազագույն արժեքը 02:00 UT-03:00 UT-ի ընթացքում և բավականին լավ կորելացված են: Ի տարբերություն Կարնեգիի կորի՝ բոլոր լեռնային կայաններում դիտվել է մաքսիմում՝ առավոտից մինչ կեսօր ընկած ժամանակահատվածում (04:00 UT-14:00 UT):

Նկար 2-ը ցույց է տալիս քամու արագության փոփոխության կորը Արագածի և Նոր Ամբերդի գիտական կայաններում ավելի քան 400 խաղաղ օրերի համար: Ինչպես տեսնում ենք նկարից, քամու արագությունը երկու կայաններում էլ ավելացել է ժամը 04:00 UT-05:00 UT ընկած ժամանակահատվածում, ինչը համընկնում է էլեկտրական դաշտի առավելագույն արժեքների տիրույթի հետ:

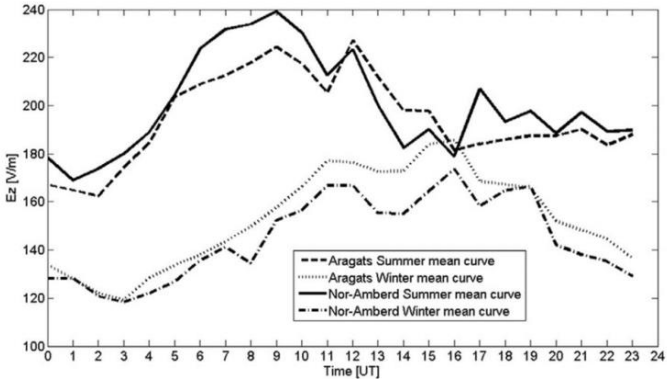
Այսպիսով, քամու արագության միջինացված կորից հետևում է, որ քամու առավելագույն արագությունը դրականապես կորելացված է լավ եղանակին էլեկտրական դաշտի փոփոխության կորի հետ:



Նկար 1. Էլեկտրական դաշտի օրական փոփոխությունը:



Նկար 2. Քամու արագության միջինացված կորը օրվա տարբեր ժամերի համար:



Նկար 3. Էլեկտրական դաշտի միջինացված կորերը ամառային և ձմեռային ամիսներին:

Ներկայացված բոլոր կորերից հետևում է, որ երկրորդային մաքսիմումը դիտվում է 19:00 UT - 20:00 UT ժամանակահատվածում, ինչը համապատասխանում է Ամերիկա մայրցամաքի վրա դիտվող կայծակների ակտիվությանը:

Հետազոտությունները ցույց տվեցին, որ գիշերվա ընթացքում լեռների ցածրադիր շրջաններում էլեկտրոդային երևույթի շնորհիվ կուտակվում են լիցքեր: Արևածագից հետո երկրի մակերևույթը սկսում է տաքանալ, որի հետևանքով արդեն կուտակված լիցքային շերտերը սկսում են անհետանալ, իսկ այս ամենին զուգընթաց սկսում է ուժեղանալ մակերևութային քամին: Բարձրադիր լեռնային կայաններում մակերևույթի տաքացման և քամու ուժգնացման արդյունքում աերոզոլային շերտը բարձրանում է դեպի լեռան գագաթ, որի հետևանքով դիտվում է էլեկտրական դաշտի ավելացում: Այսպիսով, տեղային երևույթների պատճառով տեղի է ունենում շերտերի փոխանակում, որը հայտնի է Առուստաշ «Austausch» (փոխանակում) էֆեկտ անունով: Մենք ենթադրում ենք, որ գլխավոր երևույթը պայմանավորված է աերոզոլների կոնցենտրացիայի աճով և հաղորդականության նվազմամբ, ինչին անմիջապես հետևում է Ez-ի ավելացումը:

Ավելի տաք ամիսներին արևածագի ավելի շուտ սկսվելու հետևանքով մակերևույթը տաքանում է ավելի վաղ և լիցքավորված շերտերի կոնվեկցիան ավելի վաղ է կատարվում: Առավոտյան ժամերին լիցքավորված աերոզոլային շերտի բարձրացումը դեպի լեռնային գագաթներ պարզ դիտվում է, երբ դիտարկվում են էլեկտրական դաշտի միջինացված կորերը տարբեր ամիսների կամ տարբեր եղանակային պայմանների համար (տես նկար 3): Այսպիսով, ամառային և ձմեռային դեպքերի ուսումնասիրությունը ցույց տվեց, որ Ez-ի օրական փոփոխության առավոտյան պիկը համընկնում է արևածագի տեղային ժամանակի հետ:

Երկրորդ գլխում ներկայացված է ամպրոպների և ԱՎԱ-ի դասակարգումը 2010-2012 թվականների տվյալներով: Այստեղ նկարագրված են Ստորին դրական լիցքավորված կենտրոնի (ՍԴԼԿ) հետազոտությունները և Արագածի գիտահետազոտական կայանում կատարված էլեկտրական դաշտի չափումները:

Մասնիկների հոսքերի, էլեկտրական դաշտի և կայծակների միաժամանակյա չափումներն ու գրանցումներն առաջին անգամ առաջարկվել և զարգացվել են Արագածի գիտահետազոտական կայանում: Էլեկտրական դաշտի չափիչ սարքերի և կայծակները գրանցող դետեկտորների տեղադրումից հետո մենք հայտնաբերեցինք, որ բոլոր ԱՎԱ-ը ուղեկցվում են էլեկտրական դաշտի խոտորումներով և կայծակների գրանցումներով: 2009-2012-ին ավելի քան 300 ԱՎԱ են գրանցվել Արագածի գիտահետազոտական կայանում:

Էլեկտրական դաշտի չափումների, կայծակների գրանցումների, մասնիկների ինտենսիվության և օդերևութաբանական պարամետրերի ժամանակային շարքերը պահպանվում են MySQL տվյալների բազայում և վիզուալիզացվում են ADEI ծրագրային փաթեթի միջոցով: 2010 հոկտեմբերից 2012 թվականի մայիսը գրանցվել է մոտ 100 դեպք՝ մասնիկների հոսքերի ավելացումով, էլեկտրական դաշտի կտրուկ փոփոխություններով և կայծակների ուղեկցությամբ:

ԱՎԱ-ի ամպլիտուդը չափվել է պլաստիկ սինտիլացիոն դետեկտորի միջոցով, որի հաստությունը 3 սմ է, մակերեսը՝ 1մ^2, արդյունքները ստուգվել են այլ դետեկտորների միջոցով: Աշխատանքում ԱՎԱ-ի դասակարգումը կատարվել է՝ հիմնվելով էլեկտրական դաշտի խոտորումների տեսակների վրա: Առանձնացվել են հետևյալ տիպերը.

- Էլեկտրական դաշտը փոխվում է դրականից (հասնելով մինչև 50 կՎ/մ) դեպի բացասական(ընդունելով մինչև -35 կՎ/մ, նկար 4-ի ա): Այս տիպից ուսումնասիրվել է 6 իրադարձություն:

- Էլեկտրական դաշտի արժեքը բացասականից դառնում է դրական՝ ընդունելով գրեթե նույն արժեքները, ինչ նախորդ դեպքում: Այս տեսակի իրադարձություններից ուսումնասիրվել են 11-ից 4-ը և ներկայացված են Նկար 4-ի բ-ում :
- Էլեկտրական դաշտը 0-ին մոտ արժեքից կտրուկ նվազում է՝ հասնելով մինչև -30 կՎ/մ: Հետազոտության համար դիտարկված 28 պատահարներից ընտրվել են 5-ը (տես նկար 4-ի գ):
- Այս տեսակի մեջ ներառված են վերը նշված բոլոր տեսակների համադրությունները (տես նկար 4-ի դ): Այս դասից դիտարկվել են 23 դեպք:

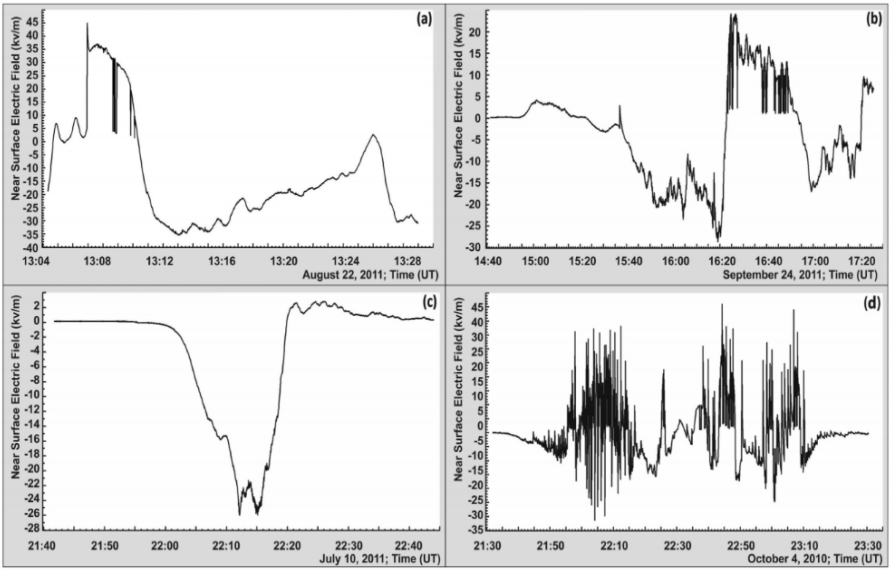
Վերը նշված դեպքերը սովորաբար ուղեկցվում են կայծակներով և տեղումներով, սակայն տեղի են ունենում նաև առանց դրանց: Այս գլխի առանձին 3 բաժիններում քննարկվում են դիտարկված պատահարները և վերլուծվում դրանց ընթացքում գրանցված մասնիկների հոսքերը:

ԱՎԱ-ների դասակարգումից հետո կատարված վերլուծությունը թույլ է տալիս ենթադրել, թե ինչպես են մասնիկների հոսքերը ավելանում և ինչ է կատարվում կայծակների ժամանակ, երբ մասնիկների հոսքերը ավելանում են: Ներկայացված մոդելում էլեկտրոնների արագացումը սկսվում է միայն ստորին դրական կենտրոնի ստեղծումից հետո: Այն առաջանում է գլխավոր բացասական շերտի անմիջապես ներքևում: Ռելատիվիստիկ փախչող էլեկտրոնների հեղեղները (ՌՓԷՀ, RREA process) կարող են առաջանալ միայն այն դեպքերում, երբ երկու լիցքավորված շերտերի միջև տարածությունը բավական մեծ է և էլեկտրական դաշտի արժեքը գերազանցում է ՌՓԷՀ-ի առաջացման շեմային դաշտը:

Անհրաժեշտ դաշտը ստեղծվում է ՍԴԼԿ-ի և ամպի միջնահատվածում տեղակայված բացասական շերտի միջև կամ վերջինիս ու երկրի մակերևույթին կուտակված դրական լիցքակիրների միջև: Փախչող էլեկտրոնները առաջացնում են գամմա ճառագայթներ, իսկ վերջիններս որոշ դեպքերում առաջացնում են

նեյտրոններ ֆոտոմիջուկային ռեակցիաների շնորհիվ: Եթե էլեկտրական դաշտի արժեքը ցածր է ՌՓԷՀ-ի առաջացման շեմից, ապա միայն սպեկտրի փոփոխությունը /MOS process/ կարող է տալ լրացուցիչ հոսքեր, որը բավականին թույլ է ի համեմատ RREA-ի:

ՍԴԿԼ և ստորին դիպոլը անցողիկ և տեղական երևույթներ են: ՍԴԼԿ-ն ստեղծվում է բոպեների ընթացքում՝ ստորին դիպոլում էլեկտրոնների միաժամանակյա արագացմամբ, որպես հետևանք ԱՎԱ-ի: Հասուն ՍԼԴԿ-ն արգելք է հանդիսանում բացասական երկրային (CG) կայծակների առաջացման համար՝ վերափոխելով դրանք ներամպային պարպումների:



Նկար 4. Արագածի գիտահետազոտական կայանում ԱՎԱ-ի ժամանակ էլեկտրական դաշտի փոփոխման 4 տիպերը/տեսակները/:

Բացասական երկրային (CG) կայծակները գրանցվում են ամպրոպի վերջին փուլում, երբ ՍԴԼԿ-ն դեգրադացվում է, և երբ մասնիկների հոսքերի ավելացումները դադարում են: Արագածում գրանցված ամպրոպային տվյալները

նույնպես հաստատեցին Տիբեթում կատարված այն հետազոտությունները, համաձայն որոնց ՍԴԼԿ-ի առկայությամբ բացասական CG կայծակները չեն առաջանում: ՍԴԼԿ-ի զարգացման բնութագրական ժամանակահատվածը գնահատված է մոտավորապես 10 րոպե, որը համընկնում է Տիբեթյան բարձրավանդակի տվյալների հետ: Գլխավոր բացասական լիցքային շերտի և ՍԴԼԿ-ի միջև եղած հեռավորությունը պետք է լինի բավականաչափ մեծ, որպեսզի ապահովի անհրաժեշտ պոտենցիալների տարբերություն էլեկտրոնների արագացման համար:

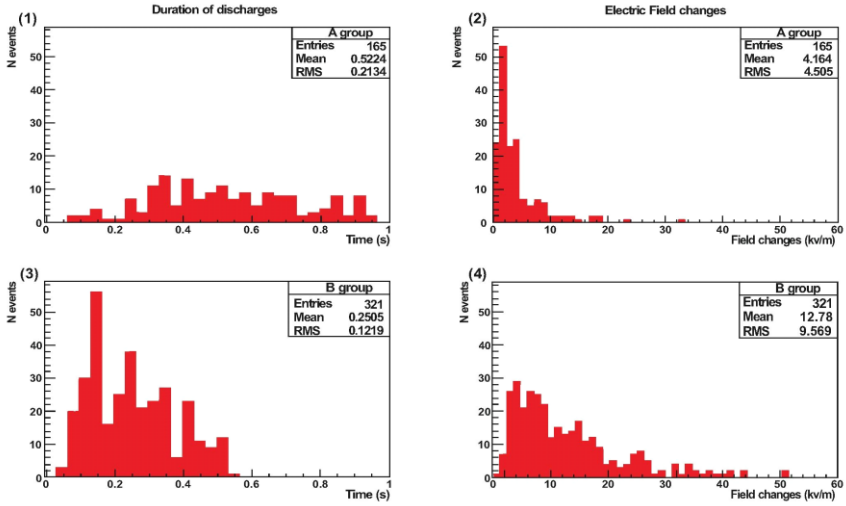
Այս գլխում նկարագրված է նաև այն ԱՎԱ-ը, որոնք գրանցվել են ամպրոպի վերջում դիտվող տատանումների ժամանակ(EOSO events): Առանձնացվել է 23 դեպք 2015-2018 թվականների համար:

Կայծակների տիպերի հետ միաժամանակյա մասնիկների հոսքերի չափումը թույլ է տալիս ուսումնասիրել ամպրոպաբեր ամպի կառուցվածքը, ինչպես նաև ներամպային կայծակների առաջացման պրոցեսները ու էլեկտրոնների հոսքերի տարածումը:

Երրորդ գլխում ներկայացված է պարպումների առաջացրած էլեկտրական դաշտի խոտորումների դասակարգումը և դրանց բնութագրական պարամետրերի վերլուծությունը: Այստեղ նկարագրված է 2015 թվականի մայիսի 23-ին գրանցված ամպրոպային պատահարը:

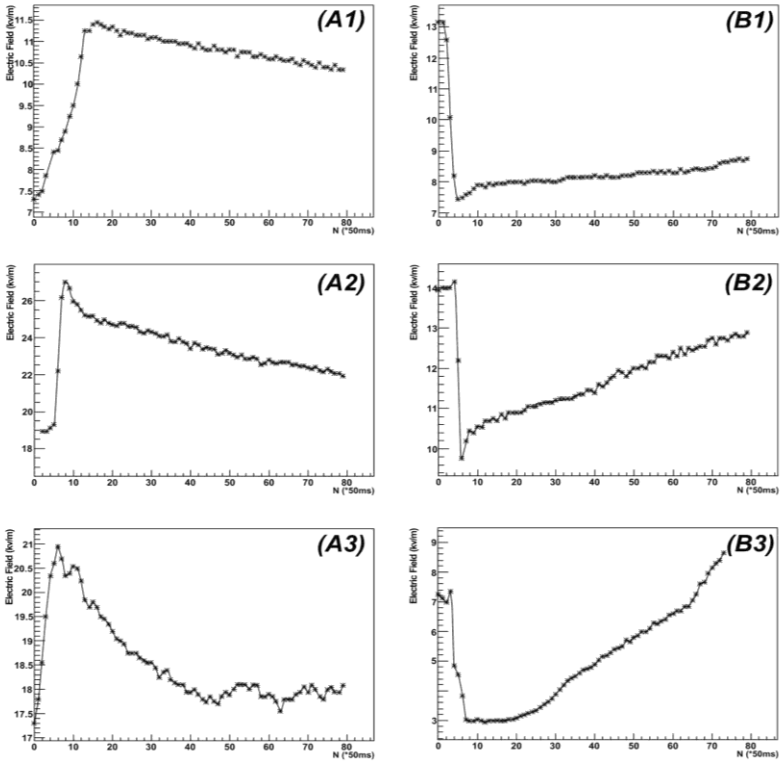
Ուսումնասիրության համար դիտարկվել են միաժամանակ երեք գիտական կայաններում գրանցված էլեկտրական դաշտը և յուրաքանչյուր պարպման հետևանքով էլեկտրական դաշտում առաջացած կտրուկ փոփոխությունները: Այդ փոփոխությունների արդյունքում դաշտը կամ կտրուկ աճում է կամ կտրուկ նվազում: Ուսումնասիրելով 1000-ից ավելի պարպումներ՝ դրանք բաժանվեցին երկու խմբերի՝ A և B: A խմբի պարպումների էլեկտրական դաշտը սկզբում արագ աճում է, հետո՝ դանդաղ նվազում, իսկ B խմբի պարպումների էլեկտրական դաշտը, ընդհակառակը, սկզբում կտրուկ նվազում է, հետո՝ դանդաղ աճում:

Յուրաքանչյուր խմբի համար բերված են բնութագրական պարամետրեր, տևողությունը՝ պարպման սկզբից մինչև առավելագույն (կամ նվազագույն) արժեքն ընկած ժամանակահատվածը և էլեկտրական դաշտի արժեքների տարբերությունը: Արդյունքների համաձայն՝ A խմբի պարպումները առաջացնում են համեմատաբար ավելի փոքր փոփոխություններ և տևողությամբ ավելի երկար են, քան B խմբի պարպումները, որոնք ավելի ուժգին են և ունեն համեմատաբար ավելի կարճ տևողություն (տես նկ. 5): Յուրաքանչյուր խմբի պարպումները բաժանվել են 3 տեսակների՝ ըստ նրանց վերականգնման կորի տեսքի(տես նկ. 6): Աշխատանքում նաև ցույց է տրվում, որ ի տարբերություն առկա որոշ գրականության՝ պնդումների պարպումից հետո դաշտը վերականգնվում է ոչ միայն էքսպոնենցիալ, այլ նաև աստիճանային և գծային օրենքներով: Ներկայացված պարպումների խմբերի հետագա մանրակրկիտ հետազոտությունը հնարավորություն կտա բացահայտել էլեկտրական դաշտի փոփոխության ձևի և պարպման տեսակի միջև կապը:



Նկ. 5 Պարպումների ժամանակ էլեկտրական դաշտի կտրուկ փոփոխության չափերի (2&4) ու ժամանակահատվածների հիստոգրամաները (1&3):

Ինչպես երևում է նկար 6-ից, A1 և B1 պարպումների համար դաշտը վերականգնվում է իր կիսարժեքից փոքր արժեքով 3 վ-ի ընթացքում, A2 և B2 վերականգնվում են 50%-ով, իսկ A3 և B3-ը ՝ 100%-ով: Հորիզոնական առանցքը ներկայացված է մվ-երով, յուրաքանչյուր կետը համապատասխանում է 50 մվ-ի:



Նկ. 6 պարպման հետևանքով էլեկտրական դաշտի փոփոխությունը 3 վարկյանների ընթացքում A և B խմբերի համար :

Վերջաբանում ներկայացված են ատենախոսության հիմնական արդյունքները:

Օգտագործված գրականության ամբողջական ցանկը թվարկված է ատենախոսությունում:

Ատենախոսության թեմայով հրատարակված աշխատանքների ցանկը՝

1. Chilingarian A., Mkrtchyan H. et al. Catalog of 2017 Thunderstorm Ground Enhancement (TGE) events observed on Aragats. Scientific Reports, Vol. 9, Article number: 6253, (2019).
2. Mkrtchyan H., Study of Atmospheric Discharges by Near Surface Electric Field Measurements. The Open Atmospheric Science Journal,Vol. 12, Pages 21-32, (2018).
3. Yaniv R., Yair Y., Price C., Mkrtchyan H., Lynn B., Reymers A., Ground-based measurements of the vertical E-field in mountainous regions and the "Austausch" effect. Atmospheric Research, Vol. 189, Pages 127-133 (2017).
4. Chilingarian A., Mkrtchyan H., Role of the Lower Positive Charge Region (LPCR) in initiation of the Thunderstorm Ground Enhancements (TGEs). Physical Review D86, 072003, (2012).
5. Chilingarian A., Mkrtchyan H., Lower positive charge region (LPCR) and its influence on initiation of Thunderstorm ground enhancements (TGEs) and cloud-to-ground (CG-) and intracloud (IC-) lightning occurrences. Journal of Physics: Conference Series, Vol. 409 012219, (2013).

Աշխատանքի ներկայացումը

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները և դրույթները զեկուցվել են ինչպես Տիեզերական բաժնի սեմինարների ժամանակ, այնպես էլ մի շարք տեղական և միջազգային գիտաժողովներում՝

1. "American Geosciences Union" (AGU) – 2018, դեկտեմբերի 10-13, 2018, Վաշինգտոն Դ.Ս., ԱՄՆ,
2. "Thunderstorm & Elementary Particle Acceleration" (TEPA) annual meeting 2013-2018, Նոր Ամբերդ, Հայաստան,
3. GLOCAEM collaboration meeting, մարտի 20-22, 2018, Բաթ, Անգլիա,
4. STSM within COST action, ապրիլի 15-23, 2018, Բաթ, Անգլիա,
5. "The Batsheva de Rothschild Seminar on the Atmospheric Global Electric Circuit (GEC)", փետրվարի 5-10, 2017, Միցպե Ռամոն, Իսրայել,
6. "European Geosciences Union" (EGU) – 2016, ապրիլի 23-28, Վիեննա, Ավտրիա,
7. "European Research Course on Atmospheres" (ERCA), հունվարի 7-ից փետրվարի 6-ը 2015, Գրենոբլ, Ֆրանսիա:

The behavior of the near-surface electric field during fair weather and thunderstorms

Abstract

Dissertation is devoted to investigate thunderstorms and related phenomena. The influence of the local effects on daily variation of the near surface electric field during fair weather is explored. Classification of thunderstorms is described and the methods are presented for distinguishing discharges based on electric field disturbances.

The first chapter of dissertation is revealing local effects on daily fluctuation of the atmospheric electric field. Ground-based measurements at three mountain stations (in Israel and Armenia) showed a strong response of the daily electric field to a morning local effect known as "Austausch" — the transport of electrical charges due to increased turbulence. In mountainous regions, nocturnal charge accumulation, followed by an attachment process to aerosols near the surface in valleys, known as the electrode effect, is lifted as a charged aerosol layer by anabatic (upslope) winds during the morning hours due to solar heating. The main effect is caused by an increase in aerosol concentrations, resulting in a decrease in conductivity, followed by a rise in Ez. Comparison of the mean diurnal variation of Ez with the well-known Carnegie curve and with past measurements of Ez on mountains are presented in the work. The summer/winter analysis shows that the maximum morning increase in the vertical component of the fair-weather electric field follows the time of local sunrise, which is attributed to the Austausch (or exchange) layer effect.

In chapter 2 it is shown that the bulk information on particle fluxes correlated with thunderstorm can be used to better understand the electrical structure of thunderclouds. Varieties of particle detectors located at Aragats Space Environmental Center are registering neutral and charged particle fluxes correlated with thunderstorms, so-called Thunderstorm Ground Enhancements (TGEs). Only very specific electric configuration of the cloud can support the sustainable acceleration of the TGEs, often with the signature of the emerging Lower Positive Charge Region (LPCR). According to the simplified structure of thundercloud, the electron acceleration downwards is performing due to two fields: the field between the main negative layer and its mirror on the Earth's surface and field between the same negative layer and small positive charge region in the bottom of the cloud. When two

mentioned fields are strong enough, their superposition generates the most intense TGEs. LPCR with the lower dipole is local phenomena and it is created during minutes. Variety of TGEs event have been discussed and analyzed in this chapter also connected their origination with the end of storm oscillation (EOSO) of thunderstorms.

The 3 chapter devoted to statistical analyses of the patterns of the lightning occurrencesas measured by the network of the electric field mills located at three stations of CRD. The disturbances of the near surface electric field during strikes are attributed to different types of atmospheric discharges: intracloud or cloud-to-ground. Changes made by dischargesin the near surface electric field are separated into two groups. The differences of those two groups and shapes of the recovery curves are discussed using the datafrom electric field mills network for one stormy day. The results show that magnitudes of field changes from one of the groups are larger and have shorter duration compared to another one. Recovery curves of the near surface electric field produced by lightning flashes also have a power-law or a linear dependence besides exponential shape. Moreover, there are 3 different classes of discharges within every group which can be attributed to different discharges.

Изучение изменений электрического поля у поверхности Земли в ясную погоду и во время гроз.

Аннотация

Диссертация посвящена исследованию гроз и связанных с ними явлений. В работе исследуется влияние локальных эффектов на суточное изменение приповерхностного электрического поля при ясной погоде. Проведена классификация гроз и разработаны методы различения разрядов.

В первом главе диссертации выявлены локальные воздействия на суточную вариацию атмосферного электрического поля. Наземные измерения на трех горных станциях (в Израиле и Армении) показали сильную связь между суточной вариацией электрического поля и утренним локальным эффектом, известным как «Austausch» - перенос электрических зарядов турбулентными потоками воздуха. В горных районах,

вблизи поверхности земли, после накопления ночного заряда, начинается процесс прикрепления их к аэрозолям (известный как электродный эффект), который, из-за солнечного нагрева в утренние часы, поднимает их в виде заряженного аэрозольного слоя с помощью анабатических (вздымающихся) ветров. В работе приведено сравнение средней суточной вариации Ez с хорошо известной кривой Карнеги и изменениями Ez в горах. Основной эффект вызван увеличением концентрации аэрозолей, что приводит к снижению проводимости, за которым следует увеличение Ez. Анализ летнего/зимнего времени показывает, что максимальная вертикальная составляющая электрического поля при хорошей погоде связана со временем локального восхода солнца, что объясняется Austausch (или обмена) эффектом.

В главе 2 показано, что информация о потоках частиц, коррелированных с грозой, может быть использована для лучшего понимания электрической структуры грозового облака. Различные детекторы частиц, расположенные на горе Арагац в Центре Исследования Космической Погоды, регистрируют увеличение потоков нейтральных и заряженных частиц, при грозах, так называемые Грозовые наземные превышения (TGE). Только очень специфическая электрическая конфигурация нижней части облака может поддерживать устойчивое ускорение электронов. Согласно упрощенной структуре грозового облака, ускорение электрона вниз осуществляется за счет двух полей: поля между основным отрицательным слоем и его зеркалом на поверхности Земли и поля между тем же отрицательным слоем и небольшой областью положительного заряда в нижней части облака, так называемой нижней положительной заряженной областю (LPCR). Когда два упомянутых поля достаточно сильны, их суперпозиция генерирует наиболее интенсивные TGEs. Область LPCR с нижним диполем является недолговечным, местным явлением и создается за считанные минуты. В главе 2 обсуждалось и анализировалось разнообразие событий TGEs, а также исследовалась взаимосвязь их возникновения с окончанием грозовых колебаний (EOSO).

Третья глава посвящена статистическому анализу закономерностей молниеносных явлений, измеренных сетью мельниц электрического поля, расположенных на трех станциях CRD. Нарушения приповерхностного электрического поля при ударах молнии объясняются различными типами атмосферных разрядов: внутриоблачными

или между облаком и замлей. Обсуждаемые образцы молнии регистрировались на трех станциях отдела Космических лучей Ереванского физического института.

Изменения приповерхностного электрического поля разрядами можно разделить на две группы. Различия этих двух групп и формы кривых восстановлений обсуждаются с использованием данных одного дня (23 мая 2015 года), полученными сетью устройств измерения электрических полей. Результаты показывают, что величины изменения полей одной из групп больше и имеют меньшую продолжительность по сравнению с другой. Показано, что кривые восстановления приповерхностного электрического поля, создаваемого молниевыми разрядами имеют кроме экспоненциальной также степенную и линейную зависимости. Более того, в каждой группе есть 3 разных класса разрядов, которые можно отнести к разным видом молний.