

შაკ 551.501.8

**ელქეების შესწავლის მოკლე ისტორია და თანამედროვე მდგომარეობა  
ირინე მკურნალიძე**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰნსტიტუტი  
თბილისი, საქართველო i.mkurnalidze@gmail.com

ელქეი ადამიანების კვლევით ყურადღებას უძველესი დროიდან იპყრობდა. ერთერთმა პირველმა, ვინც ელქეის ბუნებაზე თავისი მოსაზრება გამოთქვა იყო ბერძენი ფილოსოფოსი ანაქსიმენი. ის განიხილავდა ელქეს როგორც ღრუბელში ჰაერის შეკუმშვის შედეგს. შემდგომ ანაკსიგორმა ეცადა ელქეის წარმოქმნის და განვითარების პროგნოზირება. სოკრატე და დემოკრიტე ელქეის წარმოქმნის მიზეზს ხედავდნენ ღრუბლების შეჯახებასა და გაერთიანებაში. არისტოტელემ განაზოგადა მათი წარმოდგენები. ლუკრეციუსი ელქეების გენერაციას აბრალებდა ქარს, რომელიც ღრუბლიდან განდევნის „ცეცხლოვან სხეულებს“, ანუ ელვებს. [1]

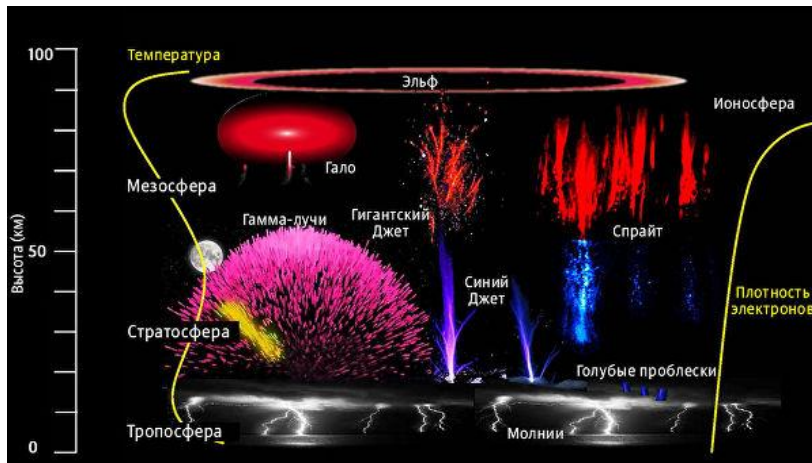
შემდგომ პერიოდში ელქეების შესწავლას ძირითადად აღმწერლობითი ხასიათი ჰქონდა. XVIII საუკუნეში დაიწყო ელქეების შესწავლის ახალი ეტაპი. ამერიკელი მკვლევარი ფრანკლინი მივიდა დასკვნამდე, რომ ელვა და ქუხილი არის ატმოსფეროში ელექტრული ძალების გამოვლინება. ასეთმა მიდგომამ პრაქტიკული შედეგიც მიიღო. ფრანკლინმა მეხამრიდი დააპატენტა. რუსმა მეცნიერმა რიხმანმა სანქტ-პეტერბურგში პირველი ელექტრო გამზომი ხელსაწყო შექმნა. თითქმის ერთდროულად ფრანკლინთან სხვა მეცნიერებმა - დე-რომმა, დელიბორმა, რიხმანმა და ლომონოსოვმა ექსპერიმენტალურად დაამტკიცეს ელვის ბუნებაში ელექტრული მდგენელის არსებობა. [2-5] ლომონოსოვი განსაკუთრებით აღნიშნავდა, რომ ღრუბელში მუხტების გადანაწილება და ძლიერი ელექტრული ველის წარმოქმნა ხდება ინტენსიური ვერტიკალური, როგორც აღმავალი ასევე დაღმავალი, ჰაერის ნაკადების არსებობისას; რაც ბევრად ესადაგება თანამედროვე წარმოდგენებს. [6] შემდეგ ძალიან ბევრი მეცნიერი იკვლევდა ელქეების წარმოქმნის მექანიზმს - ვოლტი, ლავუაზიე, ლაპლასი, ფარადეი, სოსური, პალმიერი და სხვა. 1883 წელს სიმენსმა გამოთქვა ვარაუდი, რომ დედამიწის ელექტრიზაცია ხდება ინდუცირებით დადებითად დამუხტული მზის ზედაპირიდან. ამ ჰიპოტეზის თანახმად ელქეის წარმოქმნა აიხსნება როგორც დედამიწის დამუხტული ზედაპირიდან ელექტრონების ე.წ. მეორადი ინდუცირება ღრუბელში. [1] ამ ჰიპოტეზამაც ბოლომდე ვერ გასცა პასუხი ყველა კითხვაზე, რომელიც ეხებოდა ელქეის წარმოქმნა-განვითარებას.

XX საუკუნეშიც გრძელდება კვლევები და ჩნდება სხვადასხვა ჰიპოტეზები და მოსაზრებები. მათი ავტორებია ვილსონი, ფინდაიზენი, მისონი, განნი, მუჩნიკი. არაბაჯი, ჩალმერსი და სხვა. [1-5] ბოლო ნახევარსაუკუნის განმავლობაში ყველაზე პოპულარულია შემდეგი წარმოდგენა: ელქეი წარმოიქმნება გროვა-საწვიმარ ღრუბელში. ზემოთ ასვლისას ღრუბელი ფართოვდება და ცივდება. მასში ჩნდება წყლის წვრილი წვეთები, ფიფქები, სეტყვის ჩანასახები და უამრავი სხვადასხვა ზომის ნაწილაკები. ფაქტიურად ღრუბელში ფორმირდება აეროზოლი. ღრუბელში წარმოებს სხვადასხვა მიკროფიზიკური პროცესები - კონდენსაცია, კოაგულაცია, სუბლიმაცია, აორთქლება. ამ პროცესების დროს ჰიდრომეტეორები ეჯახებიან და ეხებიან ერთმანეთს და იძენენ მუხტს. შემდეგ ფორმირდება დადებითად და უარყოფითად დამუხტული ფენები. იწყება წვიმა, ჩნდება შიდაღრუბლიანი განმუხტვები, რომლებიც აღწევენ დედამიწის ზედაპირს ელვის სახით. ელვა აჩენს არხს, რომელშიც გადის ძლიერი ელექტრული დენი. არხი ფაქტიურად წარმოადგენს მძლავრად იონიზირებულ აირს, ანუ პლაზმას. მაღალჩაროსნული კამერით გადაღებისას ჩანს როგორ განშტოვდება ელვა (სურ. 1). როდესაც ის უახლოვდება დედამიწას მის შესახვედრად დედამიწიდან (როგორც წესი მაღლადმყოფ ობიექტებიდან) მიემართება აღმავალი ლიდერი. მათ შეხვედრისას ჩვენ უკვე ვიზუალურად ვხედავთ ელვას. არხში დენის სიჩქარე სინათლის სიჩქარის რიგისაა. ასეთ ელვას მოაქვს დიდი ზარალი და მსხვერპლი. [9]

უამრავი კვლევების შედეგად უახლესი ტექნიკური საშუალებების გამოყენებით უფრო მეტი კითხვა ჩნდებოდა ელვის წარმოშობა-განვითარებაზე. მაგალითად, იმისათვის რომ ჰაერში 1 სმ-ზე მოხდეს 1 განმუხტვა საჭიროა 30000 ვ ძაბვა. თანამედროვე გაზომვების თანახმად, ასეთი პოტენციალი ღრუბელს არ გააჩნია. გასულ საუკუნის ბოლოს აღმოჩენილ იქნა ელვის უცნობი სახეები, ე.წ. სპრაიტები - ხილული ამოფრქვევები 70-85კმ სიმაღლეებზე, რომლებიც ჩნდება მაშინ როცა დედამიწაზე მოხდება ძლიერი განმუხტვა, ანუ როდესაც მოხდება ღრუბლის ქვედა ნაწილის განმუხტვა. კოსმოსიდან დაფიქსირდა ცისფერი ჯეტები და გიგანტური ჯეტები - დიდი გაჭიმულობის ელექტრული განმუხტვები, რომლებიც ამოიფრქვევა ღრუბლის ზედა ნაწილიდან 90-95კმ სიმაღლეზე. (სურ. 2)



სურათი 1



სურათი 2

გასული საუკუნის მიწურულს 1991 წელს ამერიკულმა თანამგზავრებმა ელჭექის დროს დააფიქსირეს გამა-კვანტების მძლავრი ჩქაფუნები, ანუ ძლიერი რენტგენული გამოსხივება. ასეთი ენერგეტიკული კვანტები ძალიან იშვიათია მზის ამოფრქვევების დროსაც კი. ე.ი. გამოდის, რომ ღრუბელი ელემენტარული ნაწილაკების ამაჩქარებელია. ასე გაჩნდა ახალი დარგი - ატმოსფერული მაღალი ენერგიების ფიზიკა. 2000 წელს აღმოაჩინეს, რომ ღრუბელში, სადაც 10 კმ სიმაღლეზე ჩნდება მძლავრი რადიოგამოსხივების კერა ბევრად ძლიერი იმაზე, რაც თანსდევს ელვას. ის სულ მიკროწამი არსებობს. ამ კერებს დაარქვეს კომპაქტური შიდაღრუბლიანი განმუხტვა.

ცალკე ამოცანას წარმოადგენს ე.წ. სფერული ელვა. ცნობილია ათასობით მისი არსებობის ფაქტი სხვადასხვა ისტორიულ ერფოქაში. მეცნიერებმა ლაბორატორიაშიც მიიღეს პლაზმური “სფერული წარმონაქმნები”, მაგრამ იმის დამტკიცება, რომ ის ნამდვილად არის ბუნებრივი ელვა დღემდე ვერ შეძლეს. ძირითადი კითხვა მდგომარეობს იმაში, თუ რატომ არსებობს პლაზმის დამუხტული შესქელება ატმოსფეროში ასე დიდხანს, წამების და წუთების განმავლობაში, როცა ის გარე „კვების“ გარეშე წამის მეათასედის განმავლობაშიც ვერ იარსებებს, გაცივდება.

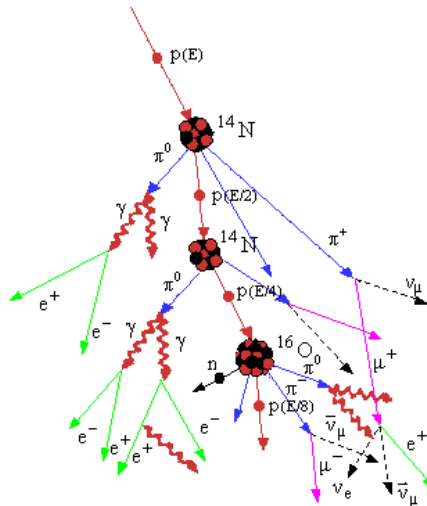
ერთერთი საკმაოდ საშიში ელჭექია ე.წ. მშრალი ელჭექი. ის ჩნდება უღრუბლო ცაში. ის სველ ელჭექთან შედარებით 6-8-ჯერ უფრო მძლავრია და ის დადებითადაა დამუხტული. სველი, როგორც წესი, უარყოფითად არის დამუხტული. ამ ტიპის ელჭექები ფართო მასშტაბიან ხანძრებს იწვევენ, განსაკუთრებით მცენარეულ საფარზე. (სურ. 3) ყველა ზემოთაღწერილ მოვლენას დღემდე ერთმნიშვნელოვანი თეორიული ახსნა არ გააჩნია.



სურათი 3

ამრიგად მეცნიერების წინაშე ისევ და ისევ ზოგადად დგას სამი პრობლემა: ელქექის წარმოშობა, ელვის ინიციაცია, მისი განვითარება და ე.წ. ფინალური ნახტომი. რაც ეხება პირველს, როგორც ზემოთ ვახსენეთ ღრუბელს არ გააჩნია ისეთი პოტენციალი, რომ გაჩნდეს ნაპერწყალი და წარმოიშვას ელვა. მაშინ რა ანთებს ელვას?

1992 წელს რუსმა მეცნიერმა გურევიჩმა [7] გამოთქვა მოსაზრება, რომ ღრუბელში ნაპერწყლის გაჩენის მიზეზს წარმოადგენს კოსმოსური სხივები და შექმნა ამჟამად აღიარებული თეორია, რომელიც შემდეგში მდგომარეობს: მრავალრიცხოვანმა დაკვირვებებმა და გამოთვლებმა აჩვენეს, რომ ჰაერში ელექტრონების უმრავლესობას გააჩნია ე.წ. თავისუფალი გარბენის სიგრძე, რომელიც არ აღემატება 1 სმ-ს, მაგრამ ჰაერში ფიქსირდება ე.წ. ჩქარი ელექტრონები, რომლებიც თითქმის სინათლის სიჩქარით მოძრაობენ და მათი გარბენის სიგრძე 1 მეტრს აღწევს. მათ უწოდებენ გაქცეულ ელექტრონებს. ეს ელექტრონები ეჯახებიან ჰაერის მოლეკულებს და ჩნდება უამრავი ასეთივე ელექტრონები. ველი აჩქარებს ნელ ელექტრონებსაც და წარმოიქმნება ამ გაქცეული ელექტრონების ზვავისებური ნაკადი (სურ. 4).



სურათი 4

ეს ნაკადი სწრაფად ზრდის გარემოს ელექტროგამტარობას და ჩნდება ელექტრო „ნაპერწყალი“. ამ მოვლენის დროს მუხტის მატარებელი გარბენის სიგრძის გასწვრივ იძენს ენერგიას, რომელიც ხელს უწყობს ჰაერის მოლეკულების ძლიერ იონიზაციას, რაც აჩენს კიდევ და კიდევ თავისუფალ მუხტის მატარებლებს. ამ მოვლენის შედეგად წარმოიქმნება მრავალკილომეტრიანი პლაზმის ფენა. ამას კი შეუძლია შექმნას ელქექური განმუხტვა ანუ ელვა. [8] ჩვეულებრივ პირობებში ნაპერწყლის გაჩენისათვის საჭიროა ძაბვა 23კვ/სმ და გაქცეულ ელექტრონების გარემოში კი საკმარისია 2,16 კვ/სმ ძაბვა. მაშასადამე ე.წ. გაქცეულ ელექტრონებს ნამდვილად შეუძლიათ ელვის წარმოქმნა.

ევროპაში ბოლო ათწლეულში განხორციელდა გრანდიოზული პროექტი LOFAR (Low Frequency Array) [10] რომელიც წარმოადგენს რადიოტელესკოპებისაგან შემდგარ ინტერფერომეტრიულ ბადეს გადანაწილებულს ევროპის ქვეყნებში - ნიდერლანდებში, გერმანიაში, საფრანგეთში, დიდ ბრიტანეთში და შვედეთში.

რადიოტელესკოპი LOFAR-ი მსოფლიოში ერთერთი უდიდესი სადამკვირვებლო სისტემაა. სისტემა დამუშავდა და განხორციელდა ნიდერლანდების ასტრონომიულ ფონდის ASTRONOM-ის მიერ. სხვა მსგავსი ტელესკოპებისგან განსხვავებით ის ერთ დიდ ტელესკოპს კი არ იყენებს, არამედ 15000 ყველამხრივ მიმართულ ანტენას და ასტრონომიული სადგურების 77 უფრო მსხვილ ანტენას. ყველა ეს ანტენა განლაგებულია 1000 კმ-ან რადიუსში ზემოთ ხსენებულ ქვეყნებში. სისტემა დაკვირვებებს აწარმოებს ინფრაწითელ, რადიო და რენტგენულ დიაპაზონებში, ანუ 10-დან 240 მეგაჰერცამდე. ეს იძლევა შესაძლებლობას გაიხსნას სამყაროს ბევრი საიდუმლო. მას წარსულშიც კი შეუძლია “ჩახედვა”. ის იჭერს რადიოტალღებს, რომელთა ასაკი მილიონ და მილიარდ წელს აღწევს. (სურ. 5, 6)



სურათი 5



სურათი 6

ყველა ანტენის ეფექტური ფართობი შეადგენს 1 კმ-ს, რაც უზრუნველყოფს სისტემის მაღალ მგრძობიარობას და გარჩევადობას. დაკვირვება ხდება ყველა მიმართულებით. მონაცემები ყველა ანტენიდან გროვდება გრინინგენის უნივერსიტეტის სუპერკომპიუტერში BLUE Gene/P, მუშავდება სპეციალური პროგრამებით და მიიღება საბოლოო გამოსახულება. მონაცემების რაოდენობა ასტრონომიული ერთეულებით იზომება. სისტემა აკვირდება მზის მდგომარეობას, დედამიწის და სხვა პლანეტების და პლანეტაშორის მაგნიტური ველების მდგომარეობას, ახლო და შორეული გალაქტიკების მდგომარეობას და ა.შ. ცალკე პროგრამა შეიცავს დაკვირვებებს დედამიწის ამინდსა და კლიმატზე. LOFAR-ი დაკვირვებას აწარმოებს ელექტურ ღრუბლებზეც. პროექტში მონაწილე მეცნიერებმა ექსპერიმენტალურად დაადასტურეს, რომ ელვის წარმოქმნა კოსმოსურ სხივებთან არის დაკავშირებული. ზემოთ აღწერილ თეორიის თანახმად ატმოსფეროს ძლიერ იონიზაციას იწვევს მაღალენერგიული კოსმოსური გამოსხივება. როცა კოსმოსური ნაწილაკი ურთიერთობს ჰაერის მოლეკულებთან, იწყება ჯაჭვური რეაქცია და მილიონობით დამუხტული ნაწილაკი ეშვება დედამიწაზე. მათი ურთიერთქმედება პლანეტის გეომაგნიტურ ველთან აჩენს ტალღებს, რომლებსაც აფიქსირებს LOFAR-ის რადიოტელესკოპი. დაკვირვების სამწლიან პერიოდში დაფიქსირდა 762 მაღალსიხშირიანი ე.წ. ელექტრონების ზვავი. როგორც ამბობენ პროექტის შემსრულებლები, კარგი ამინდის დროს რადიოტალღები ერთნაირად პოლარიზებულიები არიან და მოწესრიგებულად მოდიან, როგორც კი სადმე ახლოს ელექტი გაჩნდება, მდგომარეობა მკვეთრად იცვლება. მეცნიერებმა კომპიუტერულ მოდელში ჩართეს ელექტიან ღრუბელში წარმოქმნილი მაღალეფექტური ელექტრო ველები. გამოთვლები დაემთხვა რადიოტელესკოპით მიღებულ მონაცემებს.

#### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Арабаджи В.И Грозы и грозовые процессы. Изд. БГУ. Минск. 1960
2. Мучник В.М. Физика грозы. ГИДРОМЕТИЗДАТ. Ленинград. 1974. 351

3. Чалмерс Дж.А Атмосферное электричество. ГИДРОМЕТИЗДАТ. Ленинград. 1974.  
4. Роджерс Р.Р. Краткий курс физики облаков. ГИДРОМЕТИЗДАТ. Ленинград. 1979. 231.  
5. Mason В.И. Physics of cloud. Clarendon Press. Oxford. 1971.671pp  
6. Хромов С.П. и др. Метеорология и климатология. МГУ. 2006. 584  
7. Гуревич А.В., Зыбин К.П. Пробой на убегающих электронах и разряды во время грозы. ж. Успехи Физических Наук т.171. 1177-1199  
8. Ермаков В.И., Стожков Ю.И. Роль космических лучей в образовании молний. ФИАН. Краткие сообщения по физике. №9. 2003.43-50  
9. Википедия  
10. LOFAR for Space Weather. Projects H2020 EU.1.4.1.1. CORDIS. 2018

უაკ 551.501.8

**ელჭექების შესწავლის მოკლე ისტორია და თანამედროვე მდგომარეობა** /ი. მკურნალიძე/სტუ-ის ჰმი-ის სამეცნ. რეფ. შრ. კრებ. – 2019. - ტ.127. - გვ.67-71. - ქართ., რუბ.: ქართ., ინგლ., რუს. წარმოდგენილ ნაშრომში მოკლედ მიმოხილულია ელჭექების შესწავლის ისტორია უძველეს დროიდან დღემდე. განხილულია ელჭექების წარმოქმნის და განვითარების შესახებ არსებული ძირითადი ჰიპოტეზები შეთავაზებული სხვადასხვა ქვეყნის და დროის მეცნიერების მიერ.

მოყვანილია უახლესი აღმოჩენები განხილულ დარგში. აღწერილია ელვის ისეთი სახეობები, რომლებიც აღმოაჩინეს მხოლოდ ათწლეულების წინ.

ჩამოყალიბებულია კითხვები, რომლებიც ამჟამადც დგას მეცნიერების წინაშე.

წარმოდგენილია უახლესი საერთაშორისო, მრავალპროფილიანი პროექტი LOFAR, რომლის კვლევის ერთ-ერთ მიმართულებას წარმოადგენს დედამიწის კლიმატის და ამინდის შესწავლა. თვალსაჩინოებისათვის მოცემულია შესაბამისი სურათები.

UDC 551.501.8

**Brief history of thunderstorm research and current status** /I.Mkurnalidze/Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. - 2019 - vol.127 - pp.67-71. Georg.; Abst.: Georg., Eng., Rus. The presented work gives a brief history of studies of thunderstorm from ancient times to the present day. The most interesting hypotheses about the origin and evolution of thunderstorm processes proposed by scientist from different countries at different times are presented.

The latest discoveries in this area are reviewed. Lightning types which have been known only recently are described. The questions that have yet to be solved by scientists are formulated.

The latest multipurpose international project LOFAR is presented of which directions of research is climate and weather on Earth. For clarity the relevant photos are presented.

УДК: 551.501.8

**Краткая история исследования гроз и современное состояние** /И. П. Мкурналидзе/ Науч. Реф. Сб. Труд. ИГМ ГТУ - 2019. вып.127 - с.67-71. Груз.; Рез.: Груз., Англ., Рус. В представленной работе дана краткая история исследования гроз с древнейших времен и до наших дней. Изложены наиболее интересные гипотезы ученых разных стран и времен о происхождении и развитии грозовых процессов. Рассмотрены новейшие открытия в этой области. Описаны такие типы молний, о которых только недавно стало известно. Сформулированы вопросы, которые еще предстоит решить ученым.

Представлен новейший международный многопрофильный проект LOFAR, одним из направлений исследований которого является климат и погода на Земле. Для наглядности представлены соответствующие фотографии.