

ivane javaxiSvilis saxelobisTbilisis saxelmwifo
universiteti

zust da sabunebismetyvelo mecnierebaTa fakulteti
ekologiis mimarTuleba

ნათია უგულავა

საბაკალავრო ნაშრომი

ავარიები ატომურ ელექტროსადგურებზე და მისგან გამოწვეული
ეკოლოგიური პრობლემები

ხელმძღვანელი: nugzar gubaZe

ფიზიკის აკადემიური დოქტორი,

ბირთვული ფიზიკის სასწავლო-სამეცნიერო

ლაბორატორიის გამგე

თ ბ ი ლ ი ს ი
2014

s a r C e v i

შესავალი	3
1. რადიოაქტიურობის აღმოჩენა.....	4
2. ატომის ბირთვის გახლეჩის ისტორიული მიმოხილვა.....	5
3. ბირთვის ზმის ენერგია.....	8
4. ურანის ბირთვის გაყოფა.....	10
5. ბირთვული ენერგიის გამოყენების ასპექტები.....	13
6. ატომური ელექტროსადგურები.....	14
7. ავარიები ატომურ ელექტროსადგურებზე.....	17
8. ჩერნობილი და მისი შედეგები.....	24
დასკვნა.....	30
ლიტერატურა.....	32

შესავალი

ბუნების შემეცნებას თან სდევს (ან მის პარალელურად მიმდინარეობს) სოციალური პროცესი, რომელიც გულისხმობს ბუნების კანონების გამოყენებას საზოგადოების ან ადამიანთა ჯგუფის ცხოვრების გასაუმჯობესებლად.

თანამედროვე კაცობრიობა მოითხოვს სულ უფრო და უფრო მეტ კომფორტს, რაც ცალსახად არის დაკავშირებული ენერგიასთან. ამ საკითხის გადაწყვეტა მოითხოვს დავაზუსტოთ: ამა თუ იმ საწვავის საჭირო მარაგი, მოსახლეობის ზრდის დინამიკა, კაცობრიობის მიერ მოხმარებული ოპტიმალური ენერჯის დონე და რაც მთავარია, გარემოზე მისი მოქმედების მასშტაბები. ცხადია საჭიროა მეტი ენერჯია, რაც შეიძლება ნაკლებ ფასად და რაც მთავარია გარემოს გათვალისწინებით, მაგრამ სამწუხაროდ აღნიშნული კომბინაცია არასდროს სრულდება.

ენერჯის ახალი წყაროების ძიება ყოველთვის იყო, არის და იქნება კაცობრიობის ყველაზე დიდი პრობლემა. ამდენად აუცილებელია ენერჯეტიკის საკითხზე განუწყვეტელი ფიქრი და ზრუნვა, რადგან ჯერ კიდევ არ ვიცით რა გველის, ყოველ შემთხვევაში იაფი ენერჯის ეპოქა მთავრდება.

დღეისათვის ძალიან მნიშვნელოვანია ენერჯის ახალი და იაფი წყაროს მოძებნა, რადგანაც ნავთობის მარაგს მალე ამოწურავს მსოფლიო და საჭირო იქნება ახალი საწვავის მოძიება. ამ მხრივ პერსპექტივა გააჩნია ბირთვულ ენერჯეტიკას.

მე-20 საუკუნეში მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ ნივთიერების ბირთვიდან შეიძლება გამოიყოს ენერჯია. ბირთვული ენერჯიების შესწავლამ ხელი შეუწყო ამ ენერჯის როგორც მშვიდობიანი, ისე სამხედრო მიზნებით გამოყენებას. ბირთვული ენერჯია, მისი კონტროლისა და სწორად გამოყენების შემთხვევაში, შეიძლება აღმოჩნდეს სასარგებლო, სხვა შემთხვევაში ბირთვულმა ენერჯიამ შეიძლება მოიტანოს დიდი ზიანი.

1. რადიოაქტიურობის აღმოჩენა

1896 წელს ცნობილმა ფრანგმა მეცნიერმა ანრი ბეკერელმა, რომელიც იკვლევდა ფლუორესცენციას (ნივთიერების უნარს, გამოასხივოს მას შემდეგ, რაც თვითონ მიიღებს დასხივებას), აღმოაჩინა, რომ ურანი ტოვებს კვალს საცდელ ფირფიტაზე მაშინაც კი, როდესაც თვითონ არ განიცდის დასხივებას. ბეკერელმა ამ გამოსხივებას ურანის სხივები უწოდა. ურანის გამოსხივების შესწავლა გააგრძელეს მარია სკლადოვსკა-კიურიმ და მისმა მეუღლემ პიერ კიურიმ. მარია კიურიმ ნივთიერების თავისთავად გამოსხივების მოვლენას რადიოაქტიურობა უწოდა. ნივთიერებებს, რომლებიც ხასიათდებიან თავისთავადი რადიოაქტიობით, რადიოაქტიური ნივთიერებები ეწოდება. მოვლენას, რომლის დროსაც ნივთიერება გარე გავლენის გარეშე ასხივებს, სპონტანური რადიოაქტიობა ეწოდება.

ზოგიერთი ნივთიერება ამჟღავნებს რადიოაქტიურ თვისებას მაშინ, როდესაც განიცდის დასხივებას. ამ მოვლენას ხელოვნური რადიოაქტიობა ეწოდება. ურანის გარდა, მარია კიურიმ აღმოაჩინა სხვა რადიოაქტიური ნივთიერებები, მაგალითად, პოლონიუმი (ამ ნივთიერებას მარია კიურიმ თავისი სამშობლოს - პოლონეთის პატივსაცემად უწოდა პოლონიუმი). რადიოაქტიობის შესწავლისთვის პიერ და მარია კიურებმა, ანრი ბეკერელთან ერთად, ნობელის პრემია მიიღეს.

რადიოაქტიურობა არის ერთი სახის ბირთვის სხვა სახის ბირთვად თავისათავადი გარდაქმნა, რასაც თან ახლავს სხვადასხვა ნაწილაკების გამოსხივება. რადიოაქტიური ბირთვების გარდაქმნისას ელემენტის აქტიურობა დროის განმავლობაში მცირდება. შემცირების ხარისხი დამოკიდებულია თვით რადიოაქტიური ბირთვის გვარობაზე.

2. ატომის ბირთვის გახლეჩის ისტორიული მიმოხილვა

ბრიტანელმა მეცნიერმა ერნესტ რეზერფორდმა ექსპერიმენტულად, რადიოაქტიობის გამოყენებით, შეისწავლა ატომის სტრუქტურა და წარმოადგინა ატომის მოდელი - ბირთვი და მის გარშემო მოძრავი ელექტრონები. თავის მხრივ, ბირთვი შედგება დადებითად დამუხტული პროტონებისა და ნეიტრალური ნეიტრონებისგან.

რეზერფორდმა ასევე დაადგინა, რომ რადიოაქტიობისას შეიძლება დაკვირვება სამი ტიპის გამოსხივებაზე: ალფა გამოსხივება (სხივდება ჰელიუმის ბირთვი - ორი პროტონისა და ორი ნეიტრონისგან შემდგარი ელემენტი), ბეტა გამოსხივება (სხივდება ელექტრონი ან პოზიტრონი), გამა გამოსხივება (მაღალი ენერჯის ელექტრომაგნიტური გამოსხივება). ბირთვში პროტონების რაოდენობა განსაზღვრავს ელექტრონების რაოდენობას ატომში, რაც, თავის მხრივ, განსაზღვრავს ნივთიერების ქიმიურ თვისებებს. მაგალითად, ვერცხლისწყლის ატომის ბირთვი შეიცავს 80 პროტონს, ხოლო ოქროს ატომის ბირთვი - 79 პროტონს. ატომის ბირთვში პროტონებისა და ნეიტრონების რაოდენობა გავლენას ახდენს ბირთვულ პროცესებზე. მაგალითად, რადიოაქტიობის ბუნება დაკავშირებულია ბირთვის სტრუქტურასთან.

ელემენტებს, რომელთაც ბირთვში პროტონების ერთნაირი რაოდენობა აქვთ, იზოტოპები ეწოდებათ. იზოტოპები განსხვავდებიან ნეიტრონების რაოდენობით. როგორც აღვნიშნეთ, პროტონები დადებითად დამუხტული ნაწილაკებია. შესაბამისად, როგორც ერთი ნიშნის ელექტრული მუხტის მატარებლები, ისინი განიზიდავენ ერთმანეთს ელექტრული ურთიერთქმედების გამო, მაგრამ პროტონებს ბირთვში აკავებს ბირთვული - ძლიერი ურთიერთქმედება. ბირთვული ურთიერთქმედების გამო არსებობს ენერჯია - ბმის ენერჯია. ეს ენერჯია ახასიათებს, თუ რამდენად ძლიერია ბირთვში ელემენტებს

შორის კავშირი, ესე იგი, რამდენად სტაბილურია ბირთვი. ყველაზე სტაბილურია "რკინის ჯგუფის" ელემენტები, რომლებიც ხასიათდებიან დიდი ბმის ენერგიით.

რადიოაქტიობა გამოწვეულია იმით, რომ ნაკლებად სტაბილური ელემენტების აღზნებულ მდგომარეობაში მყოფი ბირთვები "ცდილობენ" შეიმცირონ ენერგია და გახდნენ მეტად სტაბილურები. ამ დროს ისინი ასხივებენ ენერგიას ზემოთ ჩამოთვლილი სამი სხვადასხვა გზით. ალფა გამოსხივებისას იცვლება ბირთვის ტიპიც (ამ დროს სხივდება პროტონიც, რაც იმას ნიშნავს, რომ იცვლება ელემენტის ტიპი). ერთი და იგივე იზოტოპის სტაბილურობას განსაზღვრავს ნეიტრონების რაოდენობა ბირთვში. რადიოაქტიობისას გამოყოფილი ენერგიის წყარო არის ბირთვში თავმოყრილი მასა და ენერგია.

რეზერფორდის გერმანელმა მოსწავლემ, ოტო ჰანმა, განაგრძო რადიოაქტიურობის შესწავლა თავის კოლეგასთან ლიზა მეიტნერთან ერთად. მათ აინტერესებდათ, შესაძლებელია თუ არა ატომის ბირთვის გახლეჩა. ჰანისა და მეიტნერის თანამშრომლობა შეფერხდა მას შემდეგ, რაც გერმანიის ხელისუფლებაში ნაცისტები მოვიდნენ. მეიტნერი ებრაული წარმოშობის იყო, ამიტომ იძულებული გახდა დაეტოვებინა გერმანია. ჰანი დაეხმარა კოლეგას, რომ შვედეთში გადასულიყო. ოტო ჰანი განაგრძობდა ექსპერიმენტებს რადიოაქტიურ ნივთიერებებზე. ამასთან, ის ექსპერიმენტების შედეგებს აცნობებდა მეიტნერს. ჰანი ურანის ატომს ბომბავდა ნეიტრონებით. ის მოელოდა, რომ ნეიტრონები ურანს ნაკლებად სტაბილურს გახდიდა და ურანი დაიწყებდა რადიოაქტიურ გამოსხივებას, რომ ნეიტრონებით ურანის დაბომბვის შემდეგ ურანი გამოასხივებდა ოთხ პროტონს, ოთხ ნეიტრონს და მიიღებდა რადიუმს, მაგრამ ექსპერიმენტის შედეგად მიიღო ბარიუმი, რომლის მასა ურანის მასაზე ორჯერ ნაკლებია.

ჰანმა ეს "უცნაური" შედეგი აცნობა მეიტნერს. მეიტნერმა, თავის ნათესავთან, ოტო ფრიშთან დისკუსიის შემდეგ, ამ მოვლენას ასეთი ახსნა მოუძებნა: ურანის ბირთვი ნეიტრონის დამატების შემდეგ ხდება არასტაბილური

და დეფორმირდება - იწლება. ამ დროს ბირთვის პროტონებს შორის მანძილი იზრდება, ამის გამო იკლებს ბირთვული ურთიერთქმედების ძალა და ის ვეღარ აკავებს პროტონებს, რომლებიც განიზიდებიან ელექტრული ურთიერთქმედების გამო. რადგან ბირთვული ურთიერთქმედების ძალა ნაკლებია ელექტრული განზიდვის ძალაზე, ბირთვი იხლიჩება ორ ტოლ ნაწილად. ჰანმა ბირთვის გახლეჩის აღმოჩენისთვის ნობელის პრემია მიიღო. ურანის ბირთვის დაშლისას, გამოსხივების ენერჯის გარდა, გამოიყოფა ნეიტრონები. ისინი ეჯახებიან სხვა ბირთვებს, იწვევენ მათ არასტაბილურობას და ბირთვები იშლება, გამოიყოფა ნეიტრონები და გამოსხივება. ამ პროცესს ჯაჭვური რეაქცია ეწოდება. თუ მძიმე ბირთვის უფრო მსუბუქ ბირთვად დაშლისას ნეიტრონების მზარდი რაოდენობა გამოიყოფა, ამბობენ, რომ მიმდინარეობს ე.წ. უკონტროლო ჯაჭვური რეაქცია. კონტროლირებადი ჯაჭვური რეაქციისთვის საჭიროა ნეიტრონების რაოდენობის კონტროლი. თუ ბირთვი ნელა იშლება, ყოველ ეტაპზე თავისუფლდება ერთი ნეიტრონი. მაშინ პროცესი კონტროლირებადია.

ბირთვის გახლეჩის შესაძლებლობა აღმოჩენილი იყო 1938 წელს. პირველი კონტროლირებადი ჯაჭვური რეაქცია 1942 წელს განახორციელა ენრიკო ფერმიმ. ბირთვული ენერჯის კვლევის პროცესი დაემთხვა მეორე მსოფლიო ომის პერიოდს. ამ გარემოებამ განაპირობა, ის რომ ომში ჩართულმა სახელმწიფოებმა გადაწყვიტეს ბირთვული ენერჯის სამხედრო მიზნებით გამოყენება. აშშ-მ პირველმა შექმნა ბირთვული იარაღი. ამ გარემოებამ მოკავშირეების სასარგებლოდ გადაწყვიტა ომის ბედი და ამავე დროს ბირთვული იარაღის გამოყენებას მოჰყვა ტრაგედია ჰიროსიმასა და ნაგასაკში. ჰიროსიმას და ნაგასაკის ტრაგედიის შემდეგ ბევრი მეცნიერი, რომელიც მონაწილეობდა ბირთვული პროცესების შესწავლაში, გამოვიდა ბირთვული ენერჯის სამხედრო მიზნებით გამოყენების წინააღმდეგ.

3. ბირთვის ბმის ენერგია

1932 წელს ჩედვიკის მიერ ნეიტრონის აღმოჩენისთანავე ჰაიზენბერგმა, ივანენკომ და მაიორანამ დამოუკიდებლად გამოთქვეს მოსაზრება, რომ ბირთვი შედგება პროტონების და ნეიტრონებისაგან. ამ უკანასკნელის მასა აღმოჩნდა 1.00898 მ.ა.ე. დასაწყისში ეს მოსაზრება წარმოუდგენელი ჩანდა რადგან ნეიტრონს არ აქვს მუხტი, ხოლო პროტონები დადებითად დამუხტულია და მცირე მანძილებზე ბირთვებს უნდა ანგრევდნენ აფეთქებით. რადგან ეს არ ხდება ე.ი არსებობს კიდევ რაღაც ძლიერი მიზიდულობის ძალები. ეს არ არის გრავიტაციული, რადგან იგი კულონურთან შედარებით წარმოუდგენლად მცირეა, მას უწოდეს ბირთვული ძალები. მისი არსებობის ფაქტი გამოჩნდა მას შემდეგ, რაც შედარებულ იქნა ბირთვის შემადგენელი ნუკლონების მასების ჯამი თვით ბირთვის მასასთან. აღმოჩნდა ის, რასაც არავინ მოელოდა, რომ შემადგენელი მასების ჯამი ყოველთვის ნაკლებია.

ბირთვის მდგრადობა დამოკიდებულია წარმოქმნის მომენტში მისი ნუკლონებისგან გამოსხივებული ენერგიის სიდიდეზე და პირიქით, ბმის ენერგია არის ის მინიმალური ენერგია, რომელიც საჭიროა ბირთვის დასაშლელად თავისუფალ ნუკლონებად. რაც მეტია აღნიშნული სიდიდე, მით უფრო მდგრადია ბირთვი.

ბირთვში მეზობლების რიცხვი ყოველი ნუკლონისათვის მუდმივია. ამდენად, ყოველი ნუკლონის წვლილი ბმის ენერგიის წარმოქმნაში ერთნაირია, ე.ი პროპორციულია მათი რაოდენობის ანუ მასური რიცხვის მაგრამ, ეს მოსაზრება არ ვრცელდება იმ ნუკლონებზე, რომლებიც ზედაპირზეა, რადგან მეზობლები განლაგებულია მხოლოდ ერთი მხრიდან. ამდენად, მათი წვლილი ბმის ენერგიის წარმოქმნაში ნაკლებია. რაც ნაკლებია ნუკლონების რაოდენობა ბირთვში, მით

მეტია ზედაპირზე განლაგებული და შესაბამისად ნაკლებია ზმის ენერგია, საშუალოდ თითოეულ ნუკლონზე.

ცხადია როგორც ნუკლონები, ისინი ბირთვული ძალებით მიიზიდებიან. მაგრამ, როგორც დამუხტულები ისინი განიზიდებიან.

რაც მეტია ზმის საშუალო ენერგია ერთ ნუკლონზე მით უფრო ნაკლებია ნუკლონის მასა. ამრიგად ნუკლონების მასები ბირთვში მინიმალურია რკინის უბანთან, ხოლო როგორც მსუბუქ ასევე მძიმე ბირთვებში შედარებით უფრო მეტია. აქედან ნათლად ჩანს ენერგის მიღების პერსპექტივები. თუ შევძლებთ მძიმე ელემენტის გაყოფას ორ ან სამ ბირთვად ან მსუბუქი ბირთვების სინთეზს, მაშინ ენერგია გამოიყოფა.

კაცობრიობა გაყოფის პროცესი აითვისა როგორც სამხედრო, ისე მშვიდობიანი მიზნებისთვის ხოლო სინთეზი, ჯერ-ჯერობით მხოლოდ სამხედრო მიზნებისთვის. თუმცა კოსმოსის თითქმის მთელი ენერგია ეს არის მსუბუქი ბირთვების სინთეზი - თერმობირთვული რეაქციები.

მას შემდეგ რაც ცნობილი გახდა, რომ ბირთვში თავმოყრილია ენერგიის დიდი მარაგი, რაც კარგად გამოჩნდა რადიაქტიურ პროცესებში, დაისვა კითხვა როგორ გამოვათავისუფლოთ იგი სტაბილური ბირთვებიდან? პასუხი ნათელი იყო, საჭიროა ასეთ ბირთვებში ახალი ნაწილაკების შეყვანა, რათა დაირღვეს თანაფარდობა ნეიტრონებსა და პროტონებს შორის. ე.ი ბირთვული რეაქციების ჩატარება, მაგრამ ბირთვული ძალები მოქმედებენ ძალზე მცირე მანძილზე დაახლოებით 10^{-13} სმ თვით ბირთვის მოცულობის არეში. მხოლოდ ასე მცირე მანძილებზე დაახლოების შედეგად ამოქმედდება ბირთვული ძალები და წარმოიქმნება საშუალოდ ბირთვი. ამისთვის კი საჭიროა, რომ ნაწილაკს რომელიც ყოველთვის დადებითია ჰქონდეს დადებითი ენერგია – სიჩქარე, რათა დაძლიოს დადებითად დამუხტული ბირთვებს შორის არსებული კულონური განზიდვა, რომელიც შორსმოქმედია და აღნიშნულ მანძილზე საკმაოდ

მნიშვნელოვანია. აღმოჩნდა, რომ თვით ბუნება რადიოაქტიური დაშლის პროცესში იძლევა საჭირო ენერგიის α - ნაწილაკებს.

ელემენტის უკვე ხელოვნურად გარდაქმნის მოვლენა პირველად განახორციელა რეზერფორდმა 1919 წელს.

მეცნიერების განვითარებამ მოითხოვა უფრო დიდი ენერგიები. სწორედ ციკლოტრონის სრულყოფის შედეგად შეიქმნა ჯერ ფაზატრონი, შემდეგ სინქროფაზატრონი. ამ ამაჩქარებლით პროტონების რეაქცია გაიზარდა დაახლოებით ტრილიონ 10^{12} ევ-მდე, მაგრამ თვით აჩქარებული ნაწილაკების რიცხვმა ენერგიის ზრდასთან ერთად მნიშვნელოვნად დაიკლო.

4. ურანის ბირთვის გაყოფა

1932 წელს ნეიტრონის აღმოჩენამ განაახლა იმედები იმისა, რომ ატომის ბირთვიდან ენერგიის მიღებას შესაძლოა ჰქონდეს პერსპექტივები. რადგან ნეიტრონს არ აქვს მუხტი, ამიტომ ბირთვების კულონური ველი მას არ განიზიდავს. ამრიგად, ადვილად შეუძლია შეაღწიოს მძიმე ბირთვებშიაც, რაც შეუძლებელი იყო დამუხტული ნაწილაკებისათვის. ენერგიის მისაღებად ნეიტრონები ძალიან ეფექტურია, მაგრამ თავისუფალი სახით არ არსებობენ, რადგან რადიოაქტიურებია ($T=12$ წუთს).

ბუნებრივია ნეიტრონების აჩქარება შეუძლებელია, რადგან ნებისმიერი ამჩქარებლით აჩქარებენ მხოლოდ დამუხტულ ნაწილაკებს: p, d, α , მაგრამ, აღმოჩნდა, რომ ნეიტრონებს აჩქარება არ ჭირდება. პირიქით ბირთვები შენელებულ n - ებს უფრო მეტი ალბათობით ჩაიჭერენ. ასე, რომ შთანთქმის ალბათობის გასაზრდელად საჭიროა მათი მაქსიმალური შენელება, ე.ი. ენერგიის წართმევა. ამას ყველაზე ეფექტურად აკეთებს H – წყალბადის, D - დეიტერიუმის

და C - ნახშირბადის ბირთვები, რადგან მათი მასები მაქსიმალურად ახლოა ნეიტრონის მასასთან და რაც მთავარია, თითქმის არ შთანთქავენ მათ.

რამდენადაც ბირთვი ძალზე მცირე ზომისაა 10^{-13} სმ რიგის, ნეიტრონები მას იშვიათად ეჯახებიან უფრო ხშირად ჩაუვლიან გვერდით. ამ დროს რაც უფრო ნაკლებია ნეიტრონების ენერგია ე.ი სიჩქარე, მით უფრო დიდხანს რჩებიან ისინი ბირთვის სიახლოვეს და ბირთვულ ძალებს აქვთ მეტი დრო, რომ ჩაიჭირონ შორეული ნეიტრონებიც.

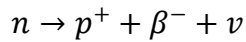
ბირთვის მდგრადობის ზომაა მისი ბმის ენერგია. ცხადია, რაც მეტია იგი მით ნაკლებია ნუკლონების საშუალო მასები.

ე.ი შეიძლება ვთქვათ, რომ ურანის ბირთვში ყოველი ნუკლონის მასა მეტია ვიდრე ბირთვებში, რომლებიც განლაგებული პერიოდული სისტემის შუა ნაწილში. ამდენად, ენერგია, რომელიც გამოიყოფა ბირთვული რეაქციების შედეგად ექვივალენტურია ნუკლონების საწყისი და საბოლოო მასათა სხვაობის, რაც იგივეა ბმის ენერგიის სხვაობის.

ნეიტრონების შთანთქმის შედეგად ბირთვი იწყებს რხევებს, რადგან გარკვეულ მოცულობაზე მინიმალური ზედაპირი აქვს სფეროს ამდენად, როდესაც იგი წაგრძელდება, მისი ზედაპირი მატულობს და შესაბამისად მცირდება მისი ბმის ენერგია, მეორე მხრივ წაგრძელებულ ბირთვში პროტონებს შორის მანძილი იზრდება, შესაბამისად კულონური ძალები მცირდება და მატულობს ბმის ენერგია. ამის შემდეგ ყველაფერი დამოკიდებულია მოცემულ მომენტში რომელი მათგანია მეტი, თუ კულონური - ბირთვი დაუბრუნდება საწყის მდგომარეობას, თუ ზედაპირული - ბირთვი უფრო წაგრძელდება და გაწყდება წარმოიქმნება ორი უფრო პატარა ბირთვი, რომელთა კინეტიკური ენერგია იქნება 200 მევ.

საერთო აღიარებით აღნიშნული ენერგიის პრაქტიკულად გამოყენება შეუძლებელი იყო, რადგან ბუნებრივია დაისვა კითხვა: საიდან ავიღოთ ნეიტრონები, ისინი ხომ სტაბილური სახით არსებობენ მხოლოდ ბირთვებში მათი იქიდან გამოთავისუფლება კი მოითხოვს ენერგიას, რომელიც ყოველთვის

აღმატება 200 მევ? მართლაც, თავისუფალი ნეიტრონები n რადიაქტიურია და β^- ნაწილაკების გამოსხივებით გარდაიქმნებიან p პროტონებად.



ამ პროცესის ნახევარდაშლის პერიოდი T დაახლოებით 12 წუთია. გარდა ამისა არც ჭურჭელი არსებობს, რომელშიც შეიძლება ნეიტრონის შენახვა. რადგან იგი ადვილად შთაინთქმება ჭურჭლის ნივთიერების ბირთვების მიერ. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ საჭიროების შემთხვევაში თავისუფალი ნეიტრონები ყოველთვის ახლად უნდა წარმოიქმნას.

აღნიშნული შეხედულება რადიკალურად შეიცვალა 1939 წელს, როდესაც ფერმიმ გამოთქვა მოსაზრება, რომ გაყოფის მომენტში შეიძლება გამოსხივდეს თავისუფალი ნეიტრონები. სტაბილური მსუბუქი ბირთვებისათვის ნეიტრონების რაოდენობის ფარდობა პროტონებთან N/Z როგორც წესი არის დაახლოებით 1, პერიოდული სისტემის შუა ნაწილში აღნიშნული ფარდობა მაგ. ვერცხლისათვის - ${}^{108}_{47}Ag$ არის 1.3; ხოლო ბოლო ნაწილისათვის ხდება 1.6.

რადგან გაყოფის შედეგად მიღებული ბირთვები მოთავსებულია დაახლოებით პერიოდული სისტემის შუა ნაწილში, ხოლო მათში N/Z ისეთივეა, როგორც იყო ურანში, ბუნებრივია ისინი გადატვირთულია ნეიტრონებით, ამ უბნის სტაბილურ ბირთვებთან შედარებით, ე.ი. საქმე გვაქვს რადიაქტიურ ბირთვებთან. ეს გადატვირთვა იმდენად დიდია რომ შესაძლებელია გაყოფის პროცესში მოხდეს რამოდენიმე ნეიტრონის გამოსხივება. ასეთ ნეიტრონებს ეწოდებათ მყისიერი, ანუ გაყოფის ნეიტრონები. ეს კი უკვე იმას ნიშნავდა, რომ შესაძლებელია ჯაჭური რეაქციის ჩატარება, რადგან ახლად წარმოქმნილი ნეიტრონები შეიძლება გამოყენებულ იქნას ახალი ურანის ბირთვის გასაყოფად, ჩატარებული იქნა შესაბამისი ცდები... ამრიგად, U -ის გაყოფის შედეგად მიიღება არა მარტო მნიშვნელოვანი ენერჯია, არამედ ასე საჭირო 2 ან 3 ნეიტრონი.

ენერჯის გამოყოფა გაგრძელდება ვიდრე გვაქვს ურანის ბირთვები. თუ პროცესი იქნება კონტროლს დაქვემდებარებული, მივიღებთ ენერჯის უსაზღვრო წყაროს, ხოლო თუ უმართავი ეს იქნება არნახული სიძლიერის ბომბი.

რადგან ურანი შედგება ძირითადად ორი იზოტოპისაგან 0,7%-ია ^{235}U დანარჩენი ძირითადი ნაწილი 99,7% არის ^{238}U , რომელიც შთანთქავს n -ებს როგორც წესი გაყოფის გარეშე, რეაქციით $n + ^{238}\text{U} \rightarrow ^{239}\text{U} + \gamma$; მისი მოკლე ჩანაწერი (n, γ) რეაქცია, შედეგად ჯაჭვური რეაქცია იქვე წყდება. ამდენად, საჭირო იყო U-235 იზოტოპების გამოცალკევება. რაც არა მარტო იმ დროს, დღესაც ურთულესი ტექნიკური ამოცანაა.

არსებობს იზოტოპების გაყოფის რამოდენიმე მეთოდი. ყველაზე ეფექტური აღმოჩნდა დიფუზიის, რომლის ტექნიკური დანადგარი ომამდე შეიმუშავა გერმანელმა ფიზიკოსმა ჰერცმა.

დიფუზიის მეთოდით შესაძლებელია მხოლოდ გაზების გაყოფა. U კი მეტალია. გაზს იგი წარმოქმნის მხოლოდ შენაერთში UF_6 , რომელიც ძალზე მავნე და ქიმიურად აგრესიულია.

5. ბირთვული ენერჯის გამოყენების ასპექტები

მსოფლიოში დაიწყო ბირთვული ენერჯის გამოყენება მშვიდობიანი მიზნებისთვის. 1956 წელს ბრიტანეთში აშენდა პირველი სამრეწველო ბირთვული ელექტროსადგური. ბირთვულ ელექტროსადგურში ჯაჭვური რეაქციისას გამოყოფილი ენერჯის საშუალებით ცხელდება და შემდეგ ორთქლდება წყალი. წყლის ორთქლის ენერჯია ატრიალებს ტურბინას. თავის მხრივ, ტურბინის ტრიალისას, ისევე როგორც ჰიდროელექტროსადგურებში, გამომუშავდება ელექტროენერჯია. ბირთვულ რეაქტორებში ხორციელდება ჯაჭვური რეაქციის

კონტროლი. ჯაჭვური რეაქციისას ნეიტრონების რაოდენობა კონტროლდება რადიოაქტიურ ნივთიერებაში ნეიტრონების შთამნთქმელების მოთავსებით. რეაქტორის მიმდებარე ტერიტორიის დაცვის მიზნით, რეაქტორის აქტიური ნაწილი დაფარულია რამდენიმე მეტრი სისქის ბეტონის კედლებით, რომელთაც აქვთ ტყვიის ფანჯრები.

რეაქტორზე ავარიამ შეიძლება გამოიწვიოს ჯაჭვურ რეაქციაზე კონტროლის დაკარგვა. ამ დროს შეიძლება მზარდი ენერგია უკონტროლოდ გამოიყოს. გამოყოფილმა დიდმა ენერგიამ შეიძლება ჯერ დააზიანოს რეაქტორი, შემდეგ რეაქტორიდან გამოჟონილმა გამოსხივებამ - ენერგიამ უარყოფითად იმოქმედოს ცოცხალ და არაცოცხალ ბუნებაზე. მნიშვნელოვანია ბირთვულ რეაქტორზე არსებობდეს უსაფრთხოების სანდო სისტემა. ერთ-ერთი პირველი ავარია ბირთვულ რეაქტორზე მოხდა 1979 წელს აშშ-ს ქალაქ ჰარისბერგში. საბედნიეროდ, ამ შემთხვევაში უსაფრთხოების სისტემამ იმუშავა.

6. ატომური ელექტროსადგურები

ატომური ელექტროსადგური არის ენერგეტიკული დანადგარი, რომელშიც ხდება ზოგიერთი მძიმე ქიმიური ელემენტის (ე.წ. ბირთვული საწვავის) ატომური ბირთვების დაყოფის შედეგად გამოყოფილი სითბოს გარდაქმნა ელექტრულ ენერგიად.

აეს-ის მთავარი ნაწილია ბირთვული რეაქტორი, რომელშიც მიმდინარეობს ბირთვული საწვავის დაშლის რეაქცია. ბირთვული საწვავი არსებობს ბუნებრივი წარმოშობის (ასეთია ურანის ან თორიუმის რადიოაქტიური იზოტოპების შემცველი მადნები) და ხელოვნურად მიღებული (ურან-235 და პლუტონიუმის იზოტოპები). ატომური რეაქტორის მუშაობის დროს ბირთვულ რეაქტორში წარმოიქმნება რადიოაქტიური გამოსხივება. ბირთვული საწვავის მძიმე ატომთა

ბირთვების დაყოფის შედეგად მიიღება უფრო მსუბუქბირთვიანი ახალი ქიმიური ელემენტები, გამოიტყორცნება ნეიტრონები, გამოსხივდება გამა-ქვანტები და გამოიყოფა მნიშვნელოვანი რაოდენობის ენერგია. მიღებული ნეიტრონები დაეჯახებიან სხვა ატომებს და ახლა მათ დაშლიან; ახლად გამოყოფილი ნეიტრონები კიდევ სხვა ატომებს დახლეჩენ და ა.შ. რეაქცია მიმდინარეობს ბირთვული რეაქტორის აქტიურ ზონაში.

ბირთვული რეაქტორის მნიშვნელოვანი მახასიათებელია კრიტიკული მასა, ე.ი. მძიმე ელემენტების იზოტოპების მინიმალური რაოდენობა, რომლის დროსაც შესაძლებელი ხდება ბირთვული დაშლის რეაქციის დაწყება. 1000 მეგავატი სიმძლავრის გამოსამუშავებლად ატომურ რეაქტორში იტვირთება 2% ურან-235-ის შემცველობის 180-200 ტ ურანის კონცენტრატი.

ბირთვულ რეაქტორს აქვს გამაცივებელი სისტემა, რომლის დანიშნულებაც ატომთა ბირთვების დაყოფის შედეგად გამოყოფილი სითბოს მოცილება. თბოგადამტანებად ატომურ ელექტროსადგურში გამოიყენება წყალი, აირი, ლითონი. ყველა თბოგადამტანი გამოსხივების წყაროს წარმოადგენს. წარმოქმნილი სითბო აცხელებს წყალს, მიიღება ორთქლი, რომელიც გამოიყენება ელექტროენერჯის გამოსამუშავებლად.

ბირთვულ რეაქტორში, სხვა იზოტოპებთან ერთად, წარმოიქმნება პლუტონიუმი, რომელიც ატომური ბომბის დასამზადებლად გამოიყენება. 1000 მეგავატი სიმძლავრის რეაქტორში ერთი წლის მუშაობით მიიღება დაახლოებით 170 კგ პლუტონიუმი; 200 ტ ურანის კონცენტრატის გადამუშავებისას რჩება 20-60 კუბ.მეტრი რადიოაქტიურად მაღალაქტიური ნარჩენი. იგი შეიცავს საწვავში წარმოქმნილი დაშლის პროდუქტების 99%-ს და საშიშია რამდენიმე ასეული ათასი წლის მანძილზე. ჯერჯერობით არ არსებობს რაიმე საიმედო მეთოდი გარემოსაგან გადამუშავებული ნედლეულის სრული იზოლირების მიზნით.

აეს-ებში ელექტროენერჯის მიღება შედგება შემდეგი ტექნოლოგიური სტადიებისაგან:

- _ ბირთვული საწვავის მოპოვება და გამდიდრება;
- _ გამდიდრებული მადნიდან თბური ელემენტების წარმოება;
- _ ბირთვული საწვავის გადამუშავება ბირთვულ რეაქტორში, ნამუშევარი საწვავის ტრანსპორტირება და რეგენერაცია;
- _ ლიკვიდაცია ან დამარხვა ნარჩენებისა, რომლებიც ყველა სტადიაზე წარმოიქმნება.

ყველა ზემოთჩამოთვლილ ტექნოლოგიურ სტადიაზე წარმოიქმნება ნარჩენები აირადი, თხევადი ან მყარი რადიოაქტიური ნივთიერებების სახით და ხდება გარემოს დაბინძურება. ამასთან, დასხივებას იღებს არა მარტო პერსონალი, არამედ მოსახლეობაც, თუმცა მისი დასხივება 2-10-ჯერ ნაკლებია. რაც უფრო მოშორებით ცხოვრობს ადამიანი აეს-დან, მით უფრო ნაკლებ დოზას იღებს იგი. მიუხედავად ამისა, აეს-ების დიდი ნაწილი აშენებულია მსხვილი დასახლებული პუნქტების მახლობლად, რაც ინფრასტრუქტურითაა განპირობებული.

აეს-ებიდან გარემოში გამოტყორცნილი რადიონუკლიდები სხვადასხვა ნახევრად დაშლის პერიოდით ხასიათდება. რადიონუკლიდების უმეტესობა იშლება სწრაფად და აქვს მხოლოდ ადგილობრივი მნიშვნელობა. ზოგიერთი ცოცხლობს საკმარისად დიდხანს და ვრცელდება მთელს დედამიწაზე. იზოტოპების უფრო მცირე ნაწილი კი გარემოში რჩება პრაქტიკულად მუდმივად (ათასობით წლის მანძილზე) და წარმოადგენს გარემოს მუდმივი დაბინძურების წყაროს. ასეთია გადამუშავებული ნედლეული. სწორედ ის წარმოადგენს მოსახლეობის ხანგრძლივი დასხივების მთავარ წყაროს, რომელიც ატომურ ენერგეტიკას უკავშირდება.

ტექნოლოგიური რეგლამენტის დაცვის შემთხვევაში დაბინძურება მინიმალურია როგორც პერსონალისათვის, ისე მოსახლეობისათვის, თუმცა უმნიშვნელო არ არის.

ექსპერტების აზრით, საზოგადოების შიშს იწვევს აეს-ების ტექნიკური გაუმართაობა, მომსახურე პერსონალის დაბალი კვალიფიკაცია ან დაუდევრობა

რეგლამენტის დაცვისას, რაც განაპირობებს არა მხოლოდ სამუშაო ზონის, არამედ გარემოს მნიშვნელოვან დაბინძურებასაც. საზოგადოების განსაკუთრებული შიში აეს-ების მიმართ კი გამოწვეულია შესაძლო ავარიებით ბირთვულ რეაქტორებზე, რომლის დროსაც გარემოში ხვდება დიდი რაოდენობით რადიოაქტიური ნივთიერებები.

7. ავარიები ატომურ ელექტროსადგურებზე

ბირთვულ რეაქტორზე ავარიები შეიძლება გამოწვეული იყოს თვით რეაქტორის მუშაობის რეჟიმის დარღვევით, სტიქიური უბედურებებით, როგორცაა ქარიშხალი ან მიწისძვრა და ასევე დივერსიებით ან ომით.

ჩერნობილის კატასტროფამდე ყველაზე დიდი ავარია აეს-ში, რომელიც მსოფლიომ შეიტყო და რომელმაც აშშ-ში შეცვალა ატომური ენერგეტიკის მიმართ სახელმწიფოს დამოკიდებულება, მოხდა 1979 წელს ვაშინგტონიდან 120 კმ-ით დაშორებულ აეს-ში - კუნძულ ტრიმაილ-აილენდზე. საზოგადოებრივ მეხსიერებაში საშინელი ტერმინი დაკავშირებულია ამ ორ ყველაზე დიდ ატომურ კატასტროფასთან: 1986 წელს ჩერნობილის ატომურ ენერგეტიკულ სადგურზე და 1979 წელს აეს “**Three-mile-ireland**”-ზე (აშშ) მომხდარი აფეთქება.

აეს-ი მოწყობილია ისე, რომ მაღალ რადიოაქტიურ მასას არ მისცეს საშუალება გააღწიოს გარეთ. მნიშვნელოვანი ზიანი მიადგება რეაქტორს, თუმცა, თეორიულად, რადიოაქტიური ნივთიერება არ იქნება საშიში გარემოსათვის. პრობლემა ისაა, რომ ეს მხოლოდ – თეორიულად. აეს-ებში შემუშავებულია უსაფრთხოების სხვადასხვა დონე. აეს “ფუკუშიმა – 1”-ზე მომხდარმა ავარიამ აჩვენა, რომ ეს სისტემაც ყოველთვის არ მუშაობს. მიწისძვრის შედეგად

“ფუკუშიმის” მოქმედი სამი რეაქტორი ავტომატურად გამოირთო. ამ მიზეზით შეწყდა ელექტროენერგიის მიწოდება წყლის ტუმბოებზე, რომელთაც წყალი მოყავთ მოძრაობაში და აგრილებენ აქტიურ ზონას. ასეთი შემთხვევისთვის არსებობს დიზელ-გენერატორები. მათ საჭიროებისამებრ აღადგინეს ელექტროენერგიის მიწოდება, მაგრამ 1 საათის შემდეგ გაურკვეველი მიზეზების გამო კვლავ შეწყვიტეს მუშაობა. ეს ნიშნავს, რომ დამატებითმა დამცავმა მექანიზმმა ამ სიტუაციაში არ იმუშავა. ანუ, აღმოჩნდა რომ, აქტიური ზონის მრავალმა დამცავმა მექანიზმმაც შეიძლება არ იმუშაოს. ასეთ შემთხვევაში გაიჟონება კატასტროფული რაოდენობის ტოქსიკური ნივთიერება, რომელიც არსებული გარემოსათვის იქნება დამღუპველი წლების განმავლობაში.

“მდულარე” ატომური რეაქტორი (BWR) ფუკუსიმაში, მუშაობს დაახლოებით, როგორც ჩვეულებრივი ელექტრო ჩაიდანის. ის ჩადებულია წყალქვეშ და როცა ხურდება აცხელებს წყალსაც. რეაქტორიდან სითბოს მიღებით წყალი იქცევა ორთქლად, ხოლო ორთქლი, რომელიც თავის მხრივ, ატრიალებს ელექტროგენერატორის ტურბინის “ფრთას”, გრილდება და უბრუნდება რეაქტორს. თუკი წყლის დინება შეჩერდა, წარმოიშობა პრობლემა: აქტიური ზონა გადახურდება და წყლის მთელი მოცულობა გადაიქცევა ორთქლად. ორთქლი წარმოშობს მაღალ წნევას რეაქტორის დიდი დახურული კაფსულის შიგნით და თუკი აქტიური ზონა გადახურდა, მისი მეტალის გარსი დაიწყებს დნობას და

გამოიწვევს დარჩენილი ყველა ნაწილის გადაწვას. უარეს შემთხვევაში გალღვება



რეაქტორის კაფსულის ფსკერი, ხოლო რადიოაქტიური ნივთიერებები მოხვდება მის ფსკერზე.

გადავხედოთ ატომური ენერგეტიკის განვითარების ისტორიას და დავრწმუნდებით, რომ ავარიები ბირთვულ რეაქტორებზე დაიწყო ფაქტობრივად მათი გამოჩენისთანავე (პირველი აეს ამუშავდა სსრკ-ში 1954 წლის ივნისში).

საბჭოთა კავშირში:

_ 1964-1979 წლებში 15 წლის განმავლობაში არაერთხელ ჩაინგრა ბირთვული რეაქტორის აქტიური ზონის საწვავის ანაწყოები ბელოიარსკის აეს-ის I ბლოკზე. აქტიური ზონის რემონტების დროს მაღალი დოზით დასხივდა მომსახურე პერსონალი.

_ 1966 წლის 7 მაისი, ქ. მელეკასი. სწრაფნეიტრონიან აეს-ში ბირთვული რეაქცია გახდა უმართავი. დასხივდა ორი კაცი. რეაქტორში პროცესის შესაჩერებლად ჩაყარეს ორი ტომარა ბორის მჟავა.

_ 1974 წლის 7 იანვარი. ლენინგრადის აეს-ში რკინა-ბეტონის აირსაცავი აფეთქდა მასში რადიოაქტიური აირების დაყოვნების შედეგად. გარემოში გავრცელდა რადიოაქტიური ნივთიერებები. მოსახლეობაზე ზემოქმედების შედეგები უცნობია.

_ 1974 წლის 6 თებერვალი. ლენინგრადის აეს-ში მოხდა შუალედური კონტურის გაგლეჯა პირველ ბლოკზე წყლის ადულებით გამოწვეული ჰიდროდარტემების შედეგად. დაიღუპა სამი კაცი. მაღალაქტიური წყალი ფხვნილის პულპასთან ერთად გაშვებულ იქნა გარემოში. მოსახლეობაზე ზემოქმედების შედეგები უცნობია.

_ 1975 წლის ოქტომბერი. ლენინგრადის აეს-ის I ბლოკზე ჩაიშალა აქტიური ზონა. რეაქტორი გაჩერდა და ერთი დღეღამის შემდეგ აქტიური ზონიდან მასალა განბერეს ატმოსფეროში აზოტის ავარიული მარაგით სავენტილაციო მილის გავლით. გარემოში გატყორცნილი იქნა 1,5 მლნ კიური მაღალაქტიური რადიონუკლიდი. შვეციისა და ფინეთის მთავრობებმა ოფიციალურად მიმართეს შეკითხვით სსრკ-ს მთავრობას მათ ქვეყნებზე რადიოაქტივობის გაზრდასთან დაკავშირებით. მოსახლეობაზე ზემოქმედების შედეგები უცნობია.

_ 1977 წელი. ბელოიარსკის აეს-ის მეორე ბლოკზე გადნა აქტიური ზონის საწვავის ანაწყობების ნახევარი. რემონტს აწარმოებდა ერთი წლის განმავლობაში მომსახურე პერსონალი მაღალი დასხივების პირობებში. პერსონალზე ზემოქმედების შედეგები უცნობია.

_ 1978 წლის 31 დეკემბერი. დაიწვა ბელოიარსკის აეს-ის II ბლოკი. ხანძარი გაჩნდა სამანქანო დარბაზის გადახურვის ფილის ტურბინის ზეთის ავზზე დაცემის შედეგად. მთლიანად დაიწვა საკონტროლო კაბელი. რეაქტორი აღმოჩნდა უკონტროლოდ. რეაქტორში ავარიული გამაცივებლის წყლის მიწოდების სისტემის აღდგენის დროს ზედმეტად დასხივდა რვა კაცი.

_ 1982 წლის სექტემბერი. ჩერნობილის აეს-ის პირველ ბლოკზე ჩაიშალა საწვავის ანაწყობის ცენტრალური ნაწილი პერსონალის არასწორი მოქმედების გამო. გამოიტყორცნა რადიოაქტიური ნივთიერებები სამრეწველო ზონაში და ქ. პრიპიატში. ზედმეტად დასხივდა პერსონალი დაზიანებების ლიკვიდაციის დროს.

_ 1982 წლის ოქტომბერი. სომხეთის აეს-ის პირველ ბლოკზე აფეთქდა გენერატორი. დაიწვა სამანქანო დარბაზი. ოპერატიული პერსონალის უმრავლესობა პანიკამ მოიცვა და მიატოვა სადგური, რეაქტორი დარჩა უმეთვალყურეოდ. ადგილზე დარჩენილ ოპერატორებს რეაქტორის გადარჩენაში მიეხმარა კოლის აეს-იდან მოგვიანებით ჩასული ოპერატიული ჯგუფი.

_ 1985 წლის 27 ივნისი. ავარია მოხდა ბალაკოვსკის აეს-ის პირველ ბლოკზე. ამწყობ-გამმართველი სამუშაოების ჩატარებისას ამოიგლიჯა დამცველი სარქველი და სამასგრადუსიანი ორთქლი დაგროვდა შენობაში, სადაც მუშაობდნენ ადამიანები. დაიღუპა 14 კაცი. ავარია მოხდა პერსონალის გამოუცდელობის გამო არასწორი მოქმედებების შედეგად.

_ 1986 წლის აპრილამდე ჩერნობილის აეს-ში ენერგობლოკები 104-ჯერ იყო ავარიულად გამორთული. აქედან მხოლოდ 35-ჯერ გამორთეს პერსონალის მიზეზით.

ამერიკის შეერთებულ შტატებში:

_ 1951 წელი, დეტროიტი. ავარია მოხდა კვლევით რეაქტორზე, რაც გამოიწვია ბირთვული საწვავის გადახურებამ. დაბინძურდა ჰაერი რადიოაქტიური აირებით. პერსონალის ჯანმრთელობაზე გავლენის შესახებ უცნობია.

_ 1959 წლის 24 ივნისი. კალიფორნიის შტატი. გადნა ექსპერიმენტული ენერგეტიკული რეაქტორის თბური ელემენტები გაცივების სისტემის მწყობრიდან გამოსვლის შედეგად.

_ 1961 წლის 3 იანვარი. შტატი აიდაჰო. ორთქლის აფეთქება ექსპერიმენტულ რეაქტორზე. დაიღუპა სამი კაცი.

_ 1966 წლის 5 ოქტომბერი. დეტროიტი. მოხდა აქტიური ზონის ნაწილობრივი გადნობა გაცივების სისტემის მწყობრიდან გამოსვლის შედეგად.

_ 1971 წლის 19 ნოემბერი. მინესოტას შტატი. თითქმის 200 ათასი ლიტრი რადიოაქტიური ნივთიერებებით დაბინძურებული წყალი ჩაედინა მდ.

მისიპიში რეაქტორის ნარჩენების საცავიდან. გარემოზე ზემოქმედების შედეგები უცნობია.

_ 1979 წლის 28 მარტი. პენსილვანიის შტატი. აეს-ში კუნძულ ტრიმაილ-აილენდზე მოხდა აქტიური ზონის ნაწილის გადნობა რეაქტორის გაცივების სისტემაში წყლის დანაკარგების გამო. გასკდა რეაქტორის დამცავი ხუფი; ატმოსფეროში გამოიფრქვა დღემოკლე რადიოაქტიური აირების ნუკლიდები მცირე რაოდენობით, თხევადი რადიოაქტიური ნარჩენები გაშვებულ იქნა მდინარეში. მოსახლეობა ევაკუირებულ იქნა უბედურების ზონიდან რამდენიმე დღით, ვიდრე საშიშროება არ იქნა აღმოფხვრილი.

_ 1979 წლის 7 აგვისტო, ტენესის შტატი. ათასამდე კაცმა მიიღო ნორმით დაშვებულზე 6-ჯერ მეტი დოზით დასხივება მაღალკონცენტრირებული ურანის საწვავის გამოტყორცნის შედეგად ბირთვული საწვავის მწარმოებელი ქარხნიდან.

_ 1982 წლის 25 იანვარი. როჩესტერის მახლობლად რეაქტორზე ორთქლის გენერატორის მილის გახეთქვის შედეგად მოხდა რადიოაქტიური ორთქლის გამოტყორცნა ატმოსფეროში. გარემოზე ზემოქმედების შედეგები უცნობია.

_ 1982 წლის 30 იანვარი. ნიუ-იორკის შტატი. ქ. ონტარიოს მახლობლად აეს-ზე შემოღებულ იქნა საგანგებო მდგომარეობა _ რეაქტორის გაცივების სისტემაში ავარიის შედეგად მოხდა რადიოაქტიური ნივთიერებების გაჟონვა ატმოსფეროში. გარემოზე ზემოქმედების შედეგები უცნობია.

_ 1985 წლის 28 თებერვალი. აეს "სამერ-პლანტ"-ში ვადაზე ადრე იქნა მიღწეული კრიტიკული მდგომარეობა და ბირთვული დაშლის პროცესი გახდა უმართავი.

_ 1985 წლის 19 მაისი. ნიუ-იორკის მახლობლად აეს "ინდიან-პოინტ-2"-დან მოხდა რადიოაქტიური წყლის გაჟონვა. ავარიის მიზეზი გახდა გაუმართაობა სარქველში. რამდენიმე ასეული ლიტრი დაბინძურებული წყალი მოხვდა აეს-ის გარეთაც.

_ 1986 წელი. უებერს-ფოლსი. ურანის მადნის გამდიდრების საწარმოში მოხდა აფეთქება. აფეთქდა რადიოაქტიური აირის რეზერვუარი. დაიღუპა ერთი კაცი; რვა _ დაიჭრა.

დიდი ბრიტანეთში:

_ 1957 წლის ოქტომბერი. ხანძარი გაჩნდა უინდსკეილის ბირთვულ რეაქტორზე, რაც ცნობილი გახდა დიდი ბრიტანეთის მინისტრთა კაბინეტის საიდუმლო დოკუმენტების დღის სინათლეზე გამოტანის შედეგად 30-წლიანი ვადის გასვლის შემდეგ. ცეცხლი გაჩნდა ოპერატორების არასწორი მოქმედების გამო _ ნაჩქარევი რეაგირების შედეგად პროცესის ტემპერატურულ ცვლილებაზე. ხანძრით გამოწვეული გარემოს რადიოაქტიური დაბინძურება გაცილებით (დაახლოებით 1000-ჯერ) მეტი იყო, ვიდრე კუნძულ ტრიმაილ-აილენდზე, მაგრამ ნაკლებ სერიოზული (დაახლოებით 1000-ჯერ), ვიდრე ჩერნობილში. გარემოზე ზემოქმედების შედეგები უცნობია.

_ ატომური რეაქტორები ვინდსკეილში, უინაფრიტში და დოურნიში რადიოაქტიურ წყლებს უშვებდნენ ირლანდიის ზღვაში 50-იანი წლებიდან 90-იან წლებამდე.

_ სხვა აფეთქებების შესახებ ინფორმაცია დახურულია.

სავარაუდოა, რომ მსგავსი მდგომარეობაა დღემდე სხვა ქვეყნების აეს-ებშიც.

ყურადსაღებია ის, რომ ლაპარაკია სხვადასხვა ტიპის რეაქტორებზე: უსაფრთხოების დაბალი და მაღალი გარანტიებით, დამცავი ხუფებით, სარკოფაგებით, სსრკ-ში და დასავლეთის განვითარებულ სახელმწიფოებში შექმნილი კონტრუქციებით. როგორც ჩანს, ავარიების მინიმალური რისკით ატომური ელექტროსადგურები არ არსებობს.

8. ჩერნობილი და მისი შედეგები

ავარია ჩერნობილის ატომურ ელექტროსადგურში (აეს) მოხდა 1986 წლის 26 აპრილს. მოულოდნელად განვითარდა ურან-235-ის რადიოაქტიური დაშლის ჯაჭვური რეაქცია #4 ბირთვულ რეაქტორში (აეს მოიცავდა 4 ასეთ რეაქტორს). 2-3 წამის შემდეგ მას მოჰყვა ხანძარი რეაქტორის აქტიურ ზონაში (ტემპერატურა აიწია 4000-5000 გრადუსამდე) და აფეთქება, რომელმაც ბირთვული რეაქტორის სახურავი - 3000 ტონიანი ფილა - მოწყვიტა ადგილს. შედეგად, რეაქტორის აქტიური ზონიდან გარემოში გამოიტყორცნა რადიოაქტიური ნივთიერებები დიდი რაოდენობით; ბირთვული საწვავის ფრაგმენტები გავრცელდა ატომური სადგურის მიმდებარე ტერიტორიაზე.



რეაქტორიდან 10 დღის განმავლობაში იფრქვეოდა მყარი, თხევადი და აირადი ნივთიერებების სახით რადიოაქტიური ნუკლიდები, ვიდრე ბოლოს და ბოლოს ჯაჭვური რეაქციის პროცესი არ შეაჩერეს. ატმოსფეროში მოხვდა რადიონუკლიდები 250-ზე მეტი სახეობის რადიოაქტიური იზოტოპის სახით, რომელთა ნახევრად დაშლის პერიოდი სხვადასხვაა, დაწყებული 0,000164

წამიდან 245 000 წლამდე. მხოლოდ ბელორუსიის სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილში იმ 10 დღის განმავლობაში გავრცელდა რამდენიმე ათეულჯერ მეტი დღეგრძელი რადიონუკლიდი, ვიდრე ატომური ბომბის აფეთქებისას ხიროსიმაში.

ავარიის პირველ დღეს რადიოაქტიური ნივთიერებები გამოიტყორცნა ატმოსფეროში დაახლოებით 10 000 მეტრის სიმაღლეზე. ატმოსფეროს ქვედა ფენები ამ დროს ნელა მიიწევდა დასავლეთის მიმართულებით, შუა ფენები გაცილებით ჩქარა გადაადგილდებოდა ჩრდილოეთით და ჩრდილო-აღმოსავლეთით (სკანდინავიის ქვეყნებისკენ), ხოლო ზედა ფენები – აღმოსავლეთით, ჩინეთის, იაპონიის, აშშ-ს მიმართულებით. რადიოაქტიური ნივთიერებების ძირითადი ნაწილი კონცენტრირებული იყო ატმოსფეროს შუა ფენებში.

ამიერკავკასიის მიმართულებით დაჭუჭყიანებული ჰაერის მასების გადატანა დაიწყო თვის ბოლოს. ევროპის ჩრდილოეთიდან შემობრუნებული რადიოაქტიური ღრუბელი საქართველოში შემოიჭრა თურქეთის ტერიტორიიდან შავი ზღვის სანაპიროზე. ნალექების განსაკუთრებულმა ინტენსივობამ იმ წლის მასში განაპირობა რადიოაქტიული იზოტოპების დიდი ოდენობით დალექვა საქართველოს შავი ზღვისპირა ზოლში.

ატმოსფერულმა პროცესებმა ხელი შეუწყო რადიონუკლიდების გავრცელებას დიდ ტერიტორიაზე და ფაქტობრივად, გამოიწვია გარემოს გლობალური დაჭუჭყიანება. დაბინძურდა ჰაერი, ნიადაგები, წყლები, მცენარეული საფარი. მოძრავმა რადიოაქტიურმა ღრუბელმა ევროპული ქვეყნების დიდ ნაწილზე გაავრცელა განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით ისეთი რადიონუკლიდები, როგორცაა იოდ-131, ცეზიუმ-134 და ცეზიუმ-137. მცირე ნახევრად დაშლის პერიოდის შედეგად იოდ-131 მალე გაქრა, მაგრამ ევროპის

ბევრ ქვეყანაში ჯერ კიდევ არის ზედაპირულ ნიადაგებში რადიოაქტიურობა, რომელიც წარმოიქმნა უფრო დღეგრძელი რადიონუკლიდის - ცეზიუმ-137-სგან.

ავარიიდან პირველ კვირაში ჩერნობილის აეს-ის 30 კმ-იანი ზონიდან სამუდამოდ გაასახლეს 135 ათასი მცხოვრებიდან 115 ათასი. ისინი განიცდიდნენ ძალიან მაღალი დოზით გარე დასხივებას და ასევე, თუმცა უფრო ნაკლები ხარისხით, დასხივებას შიგნიდან - რადიოაქტიური მტვრის ჩასუნთქვის გზით. ავარიის დროს გამოფრქვეული რადიოაქტიური ნივთიერებები (დღეგრძელი და დღემოკლე ნუკლიდები) დაეფინა გარემოს ასეულობით კილომეტრის რადიუსში. 144 ათასი ჰა მიწა გამოვიდა მწყობრიდან. მათი გამოყენება სოფლის მეურნეობის პროდუქტების მოსაყვანად შეუძლებელი გახდა. დაილუპა 492 ათასი ჰა ტყე. თხევადი რადიოაქტიური ნივთიერებები ჩაედინა მდ. პრიპიატში (იგი დნეპრის შენაკადია). მდინარე 10-15 მეტრით მაღლაა განლაგებული წყლოვან ჰორიზონტზე, რომელიც აქ გამოიყენებოდა სამეურნეო წყალმომარაგებისათვის... (ამ გეოგრაფიული მდგომარეობიდან გამომდინარე კატასტროფული შედეგების გათვლა ადვილია). ცხოვრება აიკრძალა ათობით დასახლებულ პუნქტში და სოფელში, სამუდამოდ დარჩა გამოკეტილი რადიონუკლიდებით დაზინძურებული მრავალი ათასი სახლ-კარი.

სსრკ ოფიციალური სტრუქტურების განცხადებით, 1990 წლის აგვისტოს მონაცემებით, ჩერნობილის კატასტროფის მასშტაბები ასეთია: ავარიის და ავარიის შედეგების შედეგად გარდაიცვალა **7090**-ზე მეტი ადამიანი, ინვალიდად აღიარებული იქნა **30 ათასი** კაცი, სამედიცინო დახმარებისათვის მიმართა **132 820** მოქალაქემ, მათ შორის **26 748** ბავშვია. კლინიკებში მოათავსეს **5748** ადამიანი, მათგან **1753** - ბავშვი. მოწამლულ ზონაში ბავშვთა სიკვდილიანობა 1000 ცოცხლად დაბადებულ ბავშვზე თითქმის 60%-ით გაიზარდა 1985 წელთან შედარებით და 800-ს გადააჭარბა; კიბოთი დაავადებულთა რიცხვი იმავე წელთან შედარებით 2-ჯერ და მეტად გაიზარდა, ხოლო ქრონიკული პათოლოგიით

დაავადებული ბავშვების რაოდენობა – 4-ჯერ და მეტად. მწვავე სხივური დაავადების დიაგნოზი დაუსვეს 445 კაცს. ჯანმრთელობის მხრივ დაზარალებული ადამიანების საერთო რაოდენობამ 4 მილიონს გადააჭარბა.

ზემოთ მოყვანილი მონაცემები ეხება მხოლოდ უკრაინის, ბელორუსიის და რუსეთის რაიონებს. საქართველო აქ არ არის გათვალისწინებული მაშინ, როცა შავი ზღვისპირეთი მკაფიოდ იყო დაფიქსირებული საბჭოთა ექსპერტების მიერ, როგორც ყველაზე დაბინძურებული ადგილი მთელი სსრკ-ს ტერიტორიაზე. მათივე მონაცემებით რადიოაქტიურობის ფონი გაიზარდა: ქ. ბათუმში - 500 ათასჯერ, კოლხეთის დაბლობზე - საშუალოდ 100 ათასჯერ, აფხაზეთის ტერიტორიაზე - 50 ათასჯერ. აღსანიშნავია, რომ საქართველოში დაბინძურებას ლაქების ხასიათი ჰქონდა. ჩატარებული კვლევების შედეგად, საქართველოს წყლებში, ნიადაგებში, მცენარეულ საფარში და კვების პროდუქტებში ავარიის შედეგად 1986 წლის მაისის თვეში აღმოჩნდა შემდეგი რადიონუკლიდები: (ფრჩხილებში მოცემულია მათი ნახევრად დაშლის პერიოდები): ლანთან-140 (1,7 დღე-ღამე), იოდ-131 (8,0 დღე-ღამე), ბარიუმ-140 (12,8 დღე-ღამე), ცეზიუმ-141 (33,0 დღე-ღამე), ნიობიუმ-85 (35,2 დღე-ღამე), რუთენიუმ-103 (39,6 დღე-ღამე), სტრონციუმ-85 (64,8 დღე-ღამე), ცირკონიუმ-95 (65,5 დღე-ღამე), ცეზიუმ-134 (2,06 წელიწადი), ცეზიუმ-137 (30,2 წელიწადი). მაღალმა ნალექიანობამ 1986 წლის მაისში დასავლეთ საქართველოში ხელი შეუწყო რადიონუკლიდების ინტენსიურ შეღწევას ნიადაგებში. ავარიიდან 2 წლის შემდეგაც კი ეს რეგიონი ცეზიუმ-137-ით დასაშვებ ნორმაზე 500-ჯერ მეტად იყო გაჭუჭყიანებული. 1980-1985 წლებთან შედარებით 1990 წლისათვის დასავლეთ საქართველოს მოსახლეობაში გაიზარდა შემდეგი დაავადებები: ანემია ფეხმძიმე ქალებში 47%-ით, ენდოკრინული სისტემის პირველადი დაავადებები - 24%-ით, შაქრიანი დიაბეტი მოზრდილებში - 42%-ით, ბავშვებში - 10%-ით, ლეიკოზით დაავადება მთლიანად საქართველოში გაიზარდა 2,5-ჯერ. ავთვისებიანი წარმონაქმნების საშუალო წლიურმა მატებამ შეადგინა 4,1%; ავარიის მომდევნო წლებში გაიზარდა სიმამინჯვე ბავშვებში

(მაგალითად, აჭარაში 2-3-ჯერ). ჩერნობილის ავარიის ლიკვიდაციას 1207 ქართველი ემსხვერპლა.

ავარიის შედეგად ყველაზე მეტად დაზარალდა კიევის, გომელის, ბრიანსკის, მოგილევსკის და ჟიტომირის ოლქები. მათ შემდეგ რიგში აღმოჩნდნენ საქართველო, მოლდავეთი და ლიტვა. რადიოაქტიურ დაბინძურებას უკვალოდ არ ჩაუვლია ევროპის ქვეყნებშიც. მათ შესახებ მწირია ინფორმაცია.

სსრკ-ს ხელისუფლებამ ეს უბედურება არ აკმარა მოსახლეობას და ახალი “საჩუქარი” მოუმზადა მას - საკვებად “რადიაციული” ხორცის სახით. 1986-1988 წლებში ჩერნობილის კატასტროფით ყველაზე მეტად დაბინძურებულ ოლქებში აწარმოეს 1748900 ტონა ხორცი (3,2-ჯერ მეტი, ვიდრე ამ ოლქებში იწარმოებოდა მშვიდობიან დროს). აქედან 1702500 ტონა ხორცის რადიოაქტიური დაჭუჭყიანების ხარისხი იყო “დროებითი დასაშვები დონის ფარგლებში”, ხოლო 46400 ტონა ხორცისა - “დროებით დასაშვებ დონეზე მაღალი”. ჯანმრთელობისათვის დიდ საფრთხეს წარმოადგენს ასეთი ხორცი, ამიტომ კატეგორიულად იკრძალება მისი გამოყენება სპეციალური დამუშავების გარეშე და მისგან შებოლილი პროდუქტის ან ძეხვეულის წარმოება. მიუხედავად ამისა, ხელისუფლებამ დუმილი ამჯობინა. ორი წელი მიირთმევდა დაბინძურებულ ხორცს და ხორცის პროდუქტებს სსრკ-ს მოსახლეობა. შეჭმას შემთხვევით გადაურჩა გორის ხორცკომბინატში შემოტანილი 317,8 ტონა რადიონუკლიდებით დაბინძურებული ხორცი, რომელიც მხოლოდ ეროვნული ძალების, განსაკუთრებით საქართველოს სახალხო ფრონტის, დიდი ძალისხმევით იქნა გატანილი საქართველოს ფარგლებს გარეთ 1990 წლის გაზაფხულზე.

შინაგანი დასხივების მთავარ საშიშროებას წარმოადგენდა აგრეთვე ადგილობრივი წარმოების რძე და რძის პროდუქტები, სიმინდი, ჩაი, კაკალი, მურაბა, ღვინო, კენკროვანი ნაყოფები, სოკო და ა.შ., რომლებიც დასავლეთ

საქართველოდან ხვდებოდა აღმოსავლეთ საქართველოს დიდი ქალაქების საკოლმეურნეო ბაზრებში და ვრცელდებოდა მოსახლეობაში. სწორედ ამან განაპირობა ჩერნობილის ავარიასთან დაკავშირებული ლეიკოზების მაღალი მაჩვენებელი, მაგალითად, თბილისშიც, სადაც რადიაციული ფონი არ შეცვლილა წინა წლებთან შედარებით ჩერნობილის ავარიის შედეგად.

უკანასკნელი მონაცემებით (2000 წლის ოქტომბერი) 600 ათასამდე ლიკვიდატორიდან, რომლებიც მონაწილეობას იღებდნენ რადიოაქტიურად დაჭუჭყიანებული ზონის გაწმენდაში, 80% ცოცხალი აღარ არის. მათ შორის იყო 100 ათასზე მეტი ოფიცერი და ჯარისკაცი, რომლებიც ავარიიდან მომდევნო 6 თვეში დასხივდნენ. რადიოაქტიურად დაჭუჭყიანებული რეგიონების დღევანდელი მაცხოვრებლები, კვლავ განიცდიან მუდმივ დასხივებას როგორც გარედან, ისე შიგნიდან - რადიოაქტიურად დაბინძურებული საკვები პროდუქტების გამოყენების გზით. დაახლოებით 1,4 მილიონი ადამიანი ცხოვრობს ისეთ რეგიონებში, სადაც რადიაცია 5-ჯერ მეტია დასაშვებ ნორმაზე. თითქმის 5,3 მლნ კაცის საცხოვრებელ ადგილას ნიადაგის დაჭუჭყიანება 5-10-ჯერ მეტია ნორმაზე. მოსახლეობა მუდმივ სტრესშია, დაავადებათა ახალ-ახალი გამოვლინების მოლოდინში.

სპეციალისტების მონაცემებით, ჩერნობილის ავარიიდან 5 წლის შემდეგ საქართველოს შავიზღვისპირა რეგიონში მოხდა რადიოეკოლოგიური სიტუაციის სტაბილიზაცია. ამჟამად აღარ წარმოადგენს საშიშროებას ადგილობრივი წარმოების როგორც სასოფლო სამეურნეო პროდუქტების, ისე ველური კენკრის, სოკოს და ხილის ნაყოფის გამოყენება.

დღევანდელი მდგომარეობა ჩერნობილის აეს-ში, ასეთია:

_ 1986 წელს ავარიის შედეგად დანგრეული მეოთხე ბლოკი დახურულია სარკოფაგით, რომელიც ააშენეს ავარიის შემდეგ (დასხივების პირობებში);

_ მესამე ბლოკი გამორთულია 1990 წლის 15 დეკემბრიდან ექსპლუატაციიდან მოხსნის მიზნით;

_ მეორე ბლოკი გაჩერდა 1991 წელს ხანძრის შედეგად;

_ პირველი ბლოკი გააჩერეს 1996 წელს ექსპლუატაციიდან მოხსნის მიზნით.

მძიმე მდგომარეობაა უსაფრთხოების მხრივ ჩვენი უახლოესი მეზობლის - სომხეთის აეს-შიც. იგი ექსპლუატაციაში შევიდა 1976 წელს. სადგურის მუშაობა 10-15 წელიწადზე იყო გათვლილი. იმუშავა 13 წელი. 1989 წლის სპიტაკის მიწისძვრის დროს გააჩერეს. 1994 წელს სომხეთმა აღადგინა **მეწამორის** აეს-სადგური ოთხწლიანი იძულებითი გამორთვის შემდეგ, მიუხედავად აქტიური წინააღმდეგობისა უზენაესი საბჭოს გარემოს დაცვის კომიტეტისა და მოსახლეობის მხრიდან სადგურის არასაკმარისი უსაფრთხოების გამო. ამ წინააღმდეგობას ჰქონდა დასაბუთებული მიზეზები. მეწამორის აეს-ი განლაგებულია სეისმურად საშიშ ტეროტორიაზე. აღდგენის დროსაც, 1994 წელს, არ გაუკეთდა მას ავარიისგან საიმედოდ დამცავი საშუალებები; არ ჰყავდა კვალიფიციური ტექნიკური პერსონალი; არ იყო გადაწყვეტილი რადიოაქტიური ნარჩენების დამარხვის პრობლემები და სხვა. რეგლამენტის მიხედვით ატომური სადგური უნდა გაეჩერებინათ და დაეკონსერვებინათ ხელმეორედ ამოქმედებიდან 3-5 წლის შემდეგ. თუმცა აეს-ი მუშაობს დღესაც და არ ჩქარობენ მის გაჩერებას.

დასკვნა

ენერგეტიკის ძალიან ბევრი წყარო არსებობს. დედამიწაზე უმეტესი მათგანი მზის მოქმედების, ოკეანის, ქარის, წიაღისეული და ა.შ. შედეგია. წიაღისეული რესურსი ალბათ ამოიწურება, ამიტომ მათ გამოყენება არ

გამოყენებაზე საუბარი აღარც კი ღირს. მათმა ფართოდ გამოყენებამ თავის დროზე შეიძლება გარკვეული ზიანი მიაყენა დედამიწის აგებულებას, მაგრამ უფრო მეტი ზიანი ტყეების გაჩეხვამ მიაყენა. ტყეების გაჩეხვას მოაქვს ჟანგბადის შემცირება ორი მიზეზით. ერთია ის, რომ თავად დაწვისას ხდება ჟანგბადის შემცირება და მეორე, თავად ხეები გამოიმუშავებენ ჟანგბადს. ჟანგბადის შემცირებას ნახშირორჟანგის მომეტება თავისთავად მოჰყვება. ნახშირორჟანგის მომეტება კი დედამიწაზე დათბობას იწვევს.

ატომური ენერგეტიკა ნაკლებად საფრთხის მომცველად მიიჩნევა, მაგრამ, როგორც ახლა ირკვევა, მაინც საკმარის საფრთხეებს შეიცავს. დედამიწაზე მომხდარი მიწისძვრებისა და სხვა პროცესების შედეგად ატომური ელექტროსადგური მწყობრიდან თუ გამოვიდა, მას საფრთხეების მოტანა შეეძლება. აეს-თან დაკავშირებულ საფრთხეებს შორის ზემოთ ვახსენეთ მათი ხელოვნურად აფეთქება. მართლაც, ბირთვულ რეაქტორებზე ავარიის გამოწვევას დივერსიით ან ომით არაერთი სტატია ეძღვნება. რაც შეეხება, ატომური ელექტროსადგურების უსაფრთხოების დაცვას, იგი მაღალბალიანობაზე უნდა იყოს გათვლილი, თუმცა მისი სრულად დაცვა შეუძლებელია. ჩერნობილის ავარიამ კი თვალნათლივ აჩვენა, რომ ავარიებმა აეს-ში არ იცის ნაციონალური საზღვრები. გამონაბოლქვი რადიოაქტიური ნივთიერებების გადატანა შესაძლებელია ქარის, ღრუბლის, გრუნტის წყლების, მდინარეთა საშუალებით.

ლიტერატურა:

1. Широков Ю. М., Юдин Н.П., Ядерная физика. М., Наука, 1980.
2. Левин В. Е., Ядерная физика и ядерные реакторы. Учебник для техникумов. Изд. 2. Атомиздат, 1969г.
3. მ. კავილაძე, „ენერჯის წყაროები და მათი პერსპექტივები საქართველოში“, „ნეკერი“, თბილისი, 2005.
4. მ. კავილაძე, „რა არის რადიაცია და როგორ გარემოში ვცხოვრობთ?“ „ნეკერი“, თბილისი, 2002.