

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

ALISHER NAVOIY NOMIDAGI
SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI

Qo'lyozma huquqida

UDK

BOZOROVA SHAXLO ABDURASUL QIZI

GAMMA-SPEKTROMETRIK USULDA ATMOSFERA
HAVOSI TARKIBIDAGI RADON-222
RADIONUKLIDINING MIQDORINI ANIQLASH

5A440106-Atom yadrosi va elementar zarralar fizikasi
mutaxassisligi

Magistr

akademik darajasini olish uchun yozilgan

dissertatsiya

Ish ko'rib chiqildi va himoyaga
ruxsat berildi.

Ilmiy rahbar:
dots.G.Axmedova _____

«Atom va yadro fizikasi»

kafedrasi mudiri:

prof.R.M.Ibadov _____

SAMARQAND-2013

MUNDARIJA

Kirish	3
I BOB. Tabiiy va sun'iy radioaktiv elementlar haqida ma'lumot	6
1.1. Radioaktivlik hodisasi va yemirilish qonuni	6
1.2. Tabiiy radioaktiv elementlarning kashf etilishi.....	9
1.3. Radioaktiv oilalar	13
1.4. Sun'iy radioaktiv izotoplar	21
1.5. Atrof-muhit namunalarining radioaktivligi	24
1.6. Radonning hosil bo'lishi va xossalari	30
1.7. Radonning tabiatda tarqalishi	39
1.8. Radonning biologik ta'siri.....	41
1.9. O'rganiladigan radionuklid tavsifi	42
II BOB. Atmosfera havosi tarkibidagi radon miqdorini ssintillyatsion gamma-spektrometrik usulda aniqlash.....	44
2.1. Ssintillyatsion gamma-spektrometr	44
2.2. Atmosfera havosining gamma-spektri.....	53
2.3. Radioaktiv muvozanat tenglamasi	55
2.4. Havo tarkibidagi radon-222 ning solishtirma aktivligini hisoblash.....	57
III BOB. Natijalar tahlili	66
3.1. Atmosfera havosi gamma-spektrining tahlili	66
3.2. Havo tarkibidagi radon miqdorini aniqlash natijalarining tahlili	67
Xulosalar.....	71
Adabiyotlar	72

KIRISH

Kishilar salomatligining omillaridan biri atrof-muhitning ekologik tozaligi, jumladan radioekologik toza bo'lishidir. Shuning uchun atrof-muhitning radioekologik holatini nazorat qilish, atrof-muhitda radioaktiv elementlar migratsiyasini o'rganish tabiiy fanlar oldidagi muhim muammolardan biri hisoblanadi.

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi. Kishilar salomatligini muhofaza qilishda atrof-muhitning ekologik, jumladan radioekologik tozaligiga erishish, uni nazorat qilib borish, turli xil ifloslanishlarning oldini olish, kamaytirish chora-tadbirlarini izlash bugungi kunda tabiiy fanlar oldida turgan dolzarb muammolardan biri hisoblanadi.

Ma'lumki, tabiatda uchta tabiiy radioaktiv oila U^{238} , Th^{232} , U^{235} mavjud bo'lib, ularning yemirilishidan hosil bo'ladigan Ra^{226} , Rn^{228} , Pb^{214} , Bi^{214} , Ac^{228} , Tl^{208} va boshqa radionuklidlar barcha tabiat namunalarida: tuproq, o'simlik, suv, havo, oziq-ovqat mahsulotlari tarkibida tabiiy holda tarqalgan. Bundan tashqari, radioaktiv izotoplarning turli sohalarda, atom sanoatida, tibbiyotda, fan-texnikada ishlatilishidan hosil bo'ladigan radioaktiv chiqindilar hamda yadroviy sinovlarda hosil bo'ladigan sun'iy radioaktiv izotoplar atrof-muhitning radioaktiv ifloslanishiga olib keladi.

Atrof-muhit namunalari tarkibida bo'lishi mumkin bo'lgan tabiiy va sun'iy radioaktiv elementlar doimiy ravishda yemirilib turadi, yemirilishda turli energiyadagi radioaktiv nurlanishlar hosil bo'ladi. Bunday radioaktiv nurlanishlar biosferadagi ionlashtiruvchi nurlanishlarga katta hissa qo'shadi. Butun Yer shari aholisi ko'z bilan ko'rilmasa ham atrof-muhit namunalari tarkibidagi turli radioaktiv elementlar yemirilishidan hosil bo'layotgan radioaktiv nurlanishlar ta'sirida yashab faoliyat ko'rsatadi. Radioaktiv nurlanishlar tirik organizmlarga ma'lum sharoitlarda kuchaygan holda ta'sir qilishi mumkin. Bu esa kishilar organizmida turli xavfli kasalliklar: saraton, pushtsizlik, teri va boshqa

kasalliklarning rivojlanishiga sabab bo'ladi, genetik o'zgarishlarni keltirib chiqarishi mumkin.

Radon-222 radionuklidi U^{238} oilasiga tegishli bo'lib, radioaktiv gazdir. Uning yarim yemirilish davri 3,8 kun. Radon tuproqlar, tog' jinslari, suvlar va boshqa tabiat namunalari tarkibidagi Ra^{226} ning yemirilishidan xosil bo'lib, yuqoriga-atmosfera havosiga ko'tariladi va havoga aralashadi. Radon-222 atmosfera havosi radioaktivligiga asosiy hissa qo'shadigan radionuklid hisoblanadi. Havoda tarkibidagi radon nafas olish yo'llari orqali kishilar organizmiga o'tib, qonda va to'qimalar suyuqligida eriydi. Qon tarkibidagi radon miqdori havoda tarkibidagi radon miqdorining 30% ni tashkil qiladi. Qonga o'tgan radon butun organizmga so'riladi, natijada butun organism nurlanadi. Kishilar bir yil davomida tabiiy radioaktiv elementlardan oladigan nurlanishlari dozasining $\frac{3}{4}$ qismini radon yemirilishidan hosil bo'ladigan nurlanishlardan oladi.

Radon yemirilishidan hosil bo'ladigan alfa-zarralar kuchli ionlashtirish xossasiga ega. Alfa-zarralar tirik organizmga tushganda organism to'qimalaridagi atomlarni ionlashtirib, to'qimalarni yemiradi. Shuning uchun ham aholi yashaydigan, ishlaydigan binolardagi, xonalardagi havo, suvlar tarkibidagi radon miqdorini, uning o'zgarishini aniqlash, muntazam ravishda nazorat qilib bo'rish, shu maqsadda mavjud bo'lgan usullarni takomillashtirish va yangilarini ishlab chiqish ekologik nuqtai-nazardan dolzarb muammolardan biri hisoblanadi. bundan tashqari tegishli joylarda atmosfera havosi tarkibidagi radon miqdorini aniqlash orqali kon-qidiruv ishlarida radioaktiv elementlarning konlarini izlashda kerakli ma'lumotlarga ega bo'lish mumkin.

Ishining maqsadi. Ushbu magistrlik dissertatsiya ishini bajarishdan maqsad atom va yadro fizikasi kafedrasida qoshidagi Yadro fizikasi ilmiy laboratoriyasida o'lchashlar olib boriladigan xona havosi tarkibidagi radon miqdorini ssintillyasion gamma-spektrometrik usulda baholashdan iborat.

Tadqiqot ob'ekti. Kishilar ishlaydigan ishchi xona havosi.

Ishning yangilik darajasi. Dissertatsiya ishini bajarishda ishchi xona havosi tarkibida radon miqdorini aniqlashdan olingan natijalar yangi ma'lumotlar bo'lib, xona havosi radioaktivligi darajasi to'g'risida xulosalar qilishga imkon beradi.

Ishning nazariy va amaliy ahamiyati. Atmosfera havosi tarkibidagi radon miqdorini aniqlashda gamma-spektrometrik usulning takomillashtirilishi, radon miqdori to'g'risida olingan natijalar radioekologiya yo'nalishida, radioaktivlik bilan ishlaydigan tashkilotlarida nazariy va amaliy ahamiyat kasb etadi. Olingan natijalar ekologiya fanida radon haqida to'plangan ma'lumotlarga ma'lum darajada o'z hissasini qo'shadi.

Mavzuning ishlab chiqarishga bog'liqligi. Havodagi radon miqdorini aniqlashda takomillashtirilgan gamma-spektrometrik usuldan radioktiv izotoplar bilan ishlaydigan ishlab chiqarish korxonalarida, ilmiy-tekshirish institutlarida, uran qazib olinadigan konlarda, kishilar ishlaydigan, nafas oladigan xonalar havosidagi radon miqdorini aniqlashda foydalanishni tavsiya etish, hamkorlik shartnomalari tuzish mumkin.

Kutilayotgan natijalar va nashr qilinadigan jurnallar. Atmosfera havosi tarkibidagi radon miqdorini o'lchashdagi fizikaviy jarayonlar, o'lchash usullari haqida tushunchalar hosil qilish. Olingan natijalarni ilmiy anjumanlarda ma'ruzalar qilish, ilmiy maqola sifatida rasmiylashtirib anjumanlar materiallari tuplamlarida, ilmiy jurnallarda chop etish.

Radonni aniqlashning α – spektrometrik aktivlashtirilgan ko'mirda radonni adsorbsiya qilish kabi turli usullari mavjud. SamDU fizika fakultetining "Atom va yadro fizikasi" kafedra «Yadro fizikasi» ilmiy laboratoriyasida radonni havoda aniqlashning gamma-spektrometrik usuli ishlab chiqildi.

Ushbu magistrlik dissertatsiya ishida ssintillyasion gamma-spektrometrik usuldan foydalanilgan holda kafedra qoshidagi «Yadro fizikasi» ilmiy laboratoriyasida o'lchashlar olib boriladigan xona havosi tarkibidagi radonning solishtirma gamma-aktivligi aniqlandi.

I BOB. Tabiiy va sun'iy radioaktiv elementlar haqida ma'lumot

1.1. Radioaktivlik hodisasi va yemirilish qonuni [1-4]

Bir kimyoviy element izotopining o'z-o'zidan elementar zarralar yoki yengil yadrolar chiqarib boshqa bir elementning izotopiga aylanish hodisasi radioaktivlik deb ataladi. Radioaktivlik tabiiy sharoitda namoyon bo'libgina qolmay, uni sun'iy yo'l bilan ham hosil qilish mumkin. Ammo tabiiy va sun'iy radioaktivlik orasida prinsipial farq yo'q. Radioaktivlik xususiyati, qonunlari radioaktiv izotopining qanday kelib chiqishiga bog'liq emas.

1896 yilda Bekkerel uran elementining radioaktivlik xossasini aniqladi [1]. Bu bilan Bekkerel birinchi bo'lib radioaktivlik hodisasini kashf qildi. Radioaktivlik hodisasi ustida boshqa olimlar ham ishlay boshladilar. 1898 yilda Mariya va Pyer Kyurilar poloniy elementini kashf qildilar. Mariya Kyuri 1911 yilda radiy elementini ajratib oldi. Mariya Kyuri radioaktivlik sohasidagi bunday ishlari uchun ikki marta Nobel mukofotini olishga sazovor bo'ldi. Rezerford alfa, beta radioaktiv nurlarning magnit maydonida og'ishlarini kashf qildi. Keyinchalik Paul gamma nurlanishlarini kashf qildi. Ularning magnit maydonida og'masligini ko'rsatdi [1].

Izlanishlar natijasida 1912 yilgacha taxminan 30 ta radioaktiv element topildi va ularning xossalari o'rganildi. O'sha paytda Mendeleyevning davriy sistemasida faqat 12 ta o'rin bo'sh edi, shuning uchun yangi topilgan 30 ta elementni bu o'rinlarga joylashtirish masalasini hal qilish kerak bo'lib qoldi. Ingliz ximigi Soddi ximiyaviy elementlarning radioaktiv izotoplari mavjudligi haqidagi gipotezani ilgari surgach, bu muammoni hal qilish imkoni tug'ildi.

Radioaktivlikning asosiy xususiyati – bir elementning mustaqil ravishda boshqa elementga aylanishidir. Mustaqil radioaktiv parchalanishda hosil bo'ladigan yangi atom ximiyaviy xossalari jihatidan dastlabki atomdan farq qiladi. Radioaktiv izotoplarning yadrolarida ortiqcha neytron va protonlar bo'ladi. Ular o'z tarkibini mustaqil ravishda o'zgartirib turg'un holatga o'tadi. Tabiatda alfa va beta zarralar chiqaradigan izotoplar topildi. Bunday radioaktiv o'zgarishlarga

α – yemirilish va β – yemirilish deyiladi. Shuningdek, og'ir yadrolarning ($A=240$) o'z holicha 2 ta o'rtacha yadroga ($A=120$) bo'linishi ham tabiiy radioaktivlikdir.

Elementlarning ba'zilar o'z-o'zidan juda sekin yemiriladi. Bunday radioaktiv elementlar o'lchash mumkin bo'lgan miqdorda tabiatda hozir ham uchrab turadi.

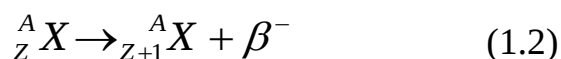
Yemirilish odatda, boshlang'ich paytdagi barcha yadrolarning yarmi yemirilishi uchun ketgan kattaligi bilan xarakterlanadi. Bu kattalikni elementning yarim yemirilish (parchalanish) davri (T) deb ataladi. Radioaktiv atomlarning yarim yemirilish davri 10^{11} yildan to 10^{-11} sekundgacha bo'lgan juda keng chegarada o'zgaradi. Balki yarim yemirilish davri yanada kattaroq bo'lgan yadrolar border, biroq ularni aniqlash juda murakkab eksperimental masaladir.

Radioaktiv yadrolarning yarim yemirilish davriga qanday yo'l bilan bo'lmasin ta'sir ko'rsatish uchun juda ko'p sonli urinishlar bo'ldi. Biroq bu urinishlar muvaffaqiyatsizlik bilan tugadi. Yarim yemirilish davri yadroning o'ziga xos xarakteristikasidir.

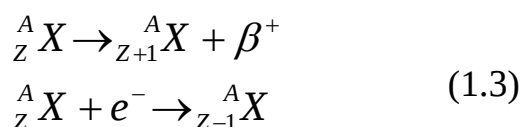
Radioaktiv parchalanishlar natijasida izotoplarning o'zgarishlari Fayans va Soddi tomonidan 1913 yilda yaratilgan siljish qoidalariga muvofiq yuz beradi. Bu qoidalarni quyidagicha yozish mumkin:



ya'ni α – parchalanishda davriy sistemada ikkita katak chaproqdagi elementning izotopi hosil bo'ladi, β – parchalanish hodisasida esa



bir katak o'ngdagi elementning izotopi hosil bo'ladi va nihoyat, β^+ – parchalanishda yoki elektron qamrash (tutuv) protsessida bir katak chapdagi elementning izotopi hosil bo'ladi, ya'ni



Radioaktiv parchalanish nazariyasi quyidagi tajriba natijasiga asoslanadi: vaqt birligi oralig'ida parchalanayotgan radioaktiv modda atomlarining soni shu moddadagi radioaktiv atomlarning umumiy soni $N(t)$ ga proporsional bo'ladi. Masalan, dt vaqt oralig'ida atomlar dN ga kamayayotgan bo'lsa, $dN = -\lambda N(t)dt$ bo'ladi. O'lchami sek^{-1} bo'lgan proporsionallik koeffitsiyenti $-\lambda$ ni radioaktiv parchalanish doimiysi yoki qisqacha, parchalanish doimiysi deyiladi. U radioaktiv izotopning nisbiy kamayish tezligini ko'rsatadi. Differensial tenglamadagi manfiy ishora vaqt o'tishi bilan radioaktiv yadrolar sonining kamayishini ko'rsatadi. Bu tenglamani yechish uchun uni quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt \quad (1.4)$$

(1.4) ning ikkala qismini integrallagandan so'ng $N(t) = A \cdot e^{-\lambda t}$ ekanini topamiz. Integrallash doimiysi boshlang'ich shartlardan topiladi: $t = t_0$ bo'lganda radioaktiv atomlar soni N_0 ga teng bo'ladi. Shuning uchun $A = N_0$. Natijada radioaktiv parchalanish qonunini ifodalovchi tenglama hosil bo'ladi:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad (1.5)$$

Bu qonun juda ko'pchilik radioaktiv izotoplar uchun o'rinlidir. (1.5) tenglama ayrim atomlarning istalgan vaqt momentidagi parchalanish ehtimolligini ifodalaydi. Yarim parchalanish davridan so'ng radioaktiv yadrolar soni ikki barobar kamayganligidan λ va T orasidagi bog'lanish quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{1}{2} = \frac{N(T)}{N_0} = e^{-\lambda T}, \text{ bunda } T = \frac{0,693}{\lambda} \quad (1.6)$$

$\frac{1}{\lambda}$ nisbat τ deb belgilanadi va radioaktiv izotoplarning o'rtacha yashash vaqtini ko'rsatadi. Binobarin, $T = 0,693\tau$. (1.4) tenglamadan o'lchash vaqtida radioaktiv yadrolarning soni N sezilarli darajada o'zgarmaydigan, katta qiymatdagi yarim parchalanish davrini (ya'ni $dt \ll T$ bo'lganda) aniqlashda foydalanish mumkin.

1.2. Tabiiy radioaktiv elementlarning kashf etilishi [4,19]

Radioaktivlik hodisasi birinchi marta fransiyalik fizik Anre Bekkerel tomonidan 1896 yilda ba'zi elementlarning fluoressensiyalanishini o'rganish vaqtida kashf etilgan edi. Bekkerel uran elementining hamma birikmalari o'zlaridan noma'lum nurlar chiqarishini payqadi. Radioaktivlik xususiyati atomning ichki xususiyati ekanligi aniqlandi, chunki nurlanish intensivligiga tashqi harorat, bosim, elektr yoki magnit maydon ta'sir etmadi. Atom yadrosi kashf etilgandan so'ng, radioaktivlik yadroga tegishli jarayon ekanligi ma'lum bo'ldi. Radioaktivlik hodisasi kashf etilgandan so'ng bir qator olimlar bu hodisaga qiziqib, uni o'rganishga kirishdilar. 1898 yilda Pyer Kyuri va Mariya Kyurilar toriy, poloniy, radiy elementlari ham radioaktivlik xususiyatiga ega ekanligini aniqladilar, olimlar Rezerford va uning shogirdlari 1898 yilda radioaktiv nurlanish tabiatini o'rganib, bu nurlanishni magnit maydonida og'ishini kuzatdilar. Radioaktiv moddalar uch xil nurlanish chiqarishini aniqladilar.

Alfa-nurlar deb atalgan og'ir musbat zarralar, ularning tezligi 10^9 sm/sek atrofida bo'lib, alfa-zarralar geliy yadrosi ${}^4_2\text{He}$ ekanligi aniqlandi.

Ikkinchi xili beta-zarralar yengil zarralar bo'lib, musbat pozitronlar va manfiy elektronlar oqimidan iborat ekanligi ma'lum bo'ldi.

Uchinchi xili elektr va magnit maydonlarida og'maydigan, muhitda kam yutiladigan, o'tuvchanlik xususiyati kuchli bo'lgan qisqa to'lqinli elektromagnit nurlanishlardan iborat bo'lib, bu nurlanishlar gamma-nurlar deb atalgan. Gamma-nurlar olim Paul tomonidan aniqlangan. Shunday qilib, radioaktiv yadrolarning yemirilishi turiga (qanday zarra chiqarishiga) qarab alfa-yemirilish, beta-yemirilish va gamma-yemirilish deb ataladi.

1939 yilda sobiq sovet davlati fiziklari T.N.Flyorov va Q.A.Petrak og'ir yadrolarning o'z-o'zidan parchalanishini kashf etdilar. Tabiiy radioaktiv elementlarning aniqlanish tarixini ko'raylik. Bekkerel uran tuzlarining radioaktiv nurlar chiqarishini sezgach, uni tezda e'lon qildi. Bekkerel uran nurlarini 1896 yil

1 martda kashf qildi, 2 martda esa Parij Fanlar Akademiyasi yig'ilishida e'lon qildi. Bekkerel bilan bir vaqtda Tomson ham uran tuzlarining nurlari fotoplastinkaga ta'sir qilishini kuzatgan. Tomson va Bekkerelgacha ko'p yillar oldin Sen-Viktor degan olim ham uran tuzlarining nurlar chiqarishini kuzatgan. Lekin Tomson ham, Sen-Viktor ham kuzatish kashfiyotlariga e'tibor qilmagan, uni oxirigacha tekshirib, o'rganib natijalar olib Fanlar akademiyasida e'lon qilmagan. Bu hodisani birinchi marta Bekkerel e'lon qilgani uchun radioaktivlik hodisasi Bekkerel nomi bilan bog'liq bo'lgan. Bekkerel bu hodisani e'lon qilib radioaktivlik sohasidagi tekshirishlarni boshladi. Bunga ko'p olimlar qiziqib, elementlarning radioaktiv xususiyatlarini o'rganish sohasida ishlar boshlandi.

Radioaktivlikni o'rganishda Mariya Kyuri va Pyer Kyuri, Rezerfordlar juda ko'p hajmdagi ishlarni bajardilar. Ular katta miqdordagi uran rudasining tarkibini, kimyoviy xossalarini o'rganib, uran rudasi tarkibida nurlarning intensivligi uran nurlari intensivligidan juda kuchli bo'lgan element borligini aniqladilar va bu elementni kimyoviy yo'l bilan ajratib oldilar hamda bu elementni radiy deb atadilar. Radiydan so'ng uran rudalari tarkibida poloniy radioaktiv elementi mavjudligi aniqlandi. Poloniy faqat alfa-zarralar chiqarib yemiriladi. 1898 yilda Rezerford ximik olim Soddi bilan birgalikda radioaktiv elementlar chiqarayotgan radioaktiv nurlanishlarning tarkibini aniqlashda tajribalar o'tkazdi. Natijada α va β nurlari aniqlandi. Rezerford radioaktiv nurlanishlarning moddalarda yutilishini, bunda intensivlikning kamayishini, vaqt o'tishi bilan radioaktiv element aktivligining eksponensial qonun bo'yicha kamayishini aniqladi. Radioaktiv elementlar α , β -nurlar chiqarib, boshqa elementlar yadrosiga aylanishini aniqladi va bu sohada ko'pgina kashfiyotlar qildi.

Rassel, Kelvin, Geytel degan olimlar ham radioaktivlik sohasiga qiziqib tajribalar o'tkazdilar, lekin natijalar ololmadilar. Shmidt degan olim 1898 yil fevral oyida toriy elementining radioaktivlik xususiyatini aniqlaganligini ma'lum qildi, aprel oyida esa M.Kyuri ham toriyning radioaktivlik xususiyatini e'lon qildi. Mariya Kyuri elementdan radioaktiv nurlar chiqishi atomning kimyoviy

xususiyatini o'zgartiradi, degan fikrni aytdi. Toriy aktivligining vaqtga qarab o'zgarishlarini Rezerford tekshirdi va bundan u ikkita kashfiyot qildi:

1. Toriy emanatsiyasi sistemasida ma'lum vaqtgacha intensivlik ortib boradi, so'ng emanatsiya intensivligi eksponensial qonun asosida nolgacha kamayib boradi.
2. Intensivlikning ortishi va kamayishi jarayonlari bir xil eksponensial had bilan ifodalanadi.

Uran va toriy elementlari o'zi dastlab Bekkerelgacha aniqlangan edi. *Uran* 1789 yilda Klaproton tomonidan, *toriy* 1828 yilda Bersilida tomonidan aniqlangan edi. Bekkerel 1896 yilda esa uranning radioaktiv nurlar chiqarishini, ya'ni radioaktivlik xususiyatini aniqladi. Toriyning radioaktivlik xususiyati esa T.Shmidt va M.Kyuri tomonidan aniqlandi. Olimlar radioaktivlik xususiyatlarini aniqlashda fotoplastinka va ionizatsion usullardan foydalandilar, Mariya Kyuri toriyning radioaktivlik xususiyatini aniqlashda uran minerallarida uranning o'z aktivligiga nisbatan katta aktivlikka ega bo'lgan element borligini aniqladilar. Bu ishni Mariya va Pyer Kyurilar chuqurroq tekshirib, bu element nurlarining intensivligi uran nurlari intensivligidan 400 marta katta ekanligini aniqladilar va bu elementga *poloniy* deb nom berdilar (Kyurining vatani Polsha sharafiga).

Poloniy kashf etilgandan so'ng Mariya Kyuri Kimyo instituti kimyo bo'limi boshlig'i J.Bemon bilan hamkorlikda uran rudalarini tekshirishda davom etdilar. 1898 yilda Mariya va Pyer Kyurilar 1 tonna uranit rudasidan 1gramm poloniyni ajratib oldilar. 1903 yilda bu kashfiyot uchun Mariya va Pyer Kyurilar Nobel mukofotini oldilar.

Radioaktiv nurlanishlar tarkibida α va β nurlarni Rezerford aniqlaydi, bundan keyin Paul Villard degan olim radioaktiv nurlar tarkibida magnit va elektr maydonlarida burilmaydigan, zaryadga ega bo'lmagan to'lqin uzunligi qisqa bo'lgan, tezligi yorug'lik tezligiga teng bo'lgan, modalardan o'tish qobiliyati kuchli bo'lgan elektromagnit to'lqinlar borligini aniqladi va uni gamma-nurlar deb atadi. Lekin bu juda qiyin bo'ldi, chunki uran rudasi juda ko'p kerak edi, biror

sezilarli darajada radiyni olishda tonnalab rudani ximiyaviy ajratib, tahlil qilish kerak edi. Lekin Fransiya davlati, Fanlar akademiyasi Kyurilarga uran rudasi yetishtirib bermas edi. Ular uran rudasini katta miqdorda topa olmaganligi uchun ishlab chiqarish qoldiqlaridan foydalanishni o'yladilar. Fransiya davlati o'sha vaqtda uran rudalarini qayta ishlab uranni ajratib olar edi. Yaximeva shahridagi zavodlarda bunday qoldiqlar tashlanar edi. Kyurilar shu qoldiqlarni berishlarini so'ragach, bir tonna qoldiq beradilar. Bu qoldiqni ular yana qayta ishlay boshlaydilar. Pyer Kyuri radiyning xossalarini o'rgana boshladi, Mariya esa radiyni ajratib olish ustida ishladi.

Bir kuni Mariya Kyuri laboratoriyaga kirib hayron qoldi – idishdagi radiy eritmasi havorang yorug'lik chiqarayotganini ko'rdi. Bu shunchalik yorug' ediki, kitob o'qish mumkin edi. Mariya radiy tuzlarini ajratib olish uchun 45 hafta ishladi va 1 tonna smola rudasidan 0,1 gramm radiyni ajratib oldi, bu radiy tashqaridan osh tuziga o'xshar edi. Radiy tuzlarining radioaktivligi uranning radioaktivligidan million marta katta edi. Sof holdagi radiy tuzi 1921 yilda rus olimi, akademik V.G.Xlopin tomonidan hosil qilindi. Hozir Rossiyada Radiyiviy institut bor, bu institut akademik Xlopin nomiga qo'yilgan. Radiy nurlarining ionlashtirish qobiliyati kuchli. Kyurilar ishlagan laboratoriya juda zax, juda yomon sharoit edi. Mariya va Pyer Kyurilar uran rudalari tarkibida aktivligi poloniy aktivligidan ham kuchli element borligini payqadilar va juda mashaqqat bilan bu elementni ximiyaviy yo'l bilan ajratib oldilar, unga *radiy* deb nom berdi. Radiy elementini kashf etganlari uchun Mariya va Pyer Kyurilar 1911 yilda ikkinchi marta Nobel mukofotini oldilar. Radiy degani – nur degani. Elementlar jadvalida I, II, III gruppalarda Mendeleyev tomonidan joy qoldirilgan bo'lib, ularni atom og'irliklari 210-230 oraliqda bo'lishi kerak deb Mendeleyev aytgan edi. Mariya va Pyer Kyurilar uran rudasida hali aniqlanmagan yana boshqa radioaktiv elementlar ham bo'lishi kerak dedilar. Ularning bu fikrlari asosida olim Debern uran rudalarini Kyurilar metodi bilan analiz qildi. Debern rudadan uranni, poloniyni, radiyni ajrata oldi, lekin qolgan cho'kma qoldiq yana radioaktivlik xususiyatiga ega ekanligini

ko'rdi va bunda aktiniyni, uning emanatsiyasini aniqladi. Keyinchalik Kruks tomonidan o'tkazilgan analizlarda uran–X elementi aniqlandi.

Gofman va Shtraus degan olimlar 1900 yilda radioaktiv qo'rg'oshinni topdilar. 12 ta radioaktiv elementlar aniqlandi. Toriy, radiy, aktiniylarning emanatsiyalari, ya'ni radioaktiv bug'lari – gazlari aniqlandi. Radiyning emanatsiyasi radon-222, toriyniki toron-220. Radonning aktivligi torondan 10 marta kuchli. Radioaktiv elementlarning yarim yemirilish davrini aniqlash masalasi Rezerford va Bruks tomonidan hal qilindi.

Rezerford o'tkazgan tajribalarga radioaktiv elementlarning yemirilish doimiyligi λ ni va yarim yemirilish davri $T = \frac{\ln 2}{\lambda}$ ni aniqladi. Shunday qilib, uran rudalarida uran, toriy, poloniy, radiy, aktiniy, radon, toron kabi tabiiy radioaktiv elementlar aniqlandi.

1.3. Radioaktiv oilalar [1-5,12]

Radioaktiv o'zgarish hamma vaqt turg'un izotop bo'lishi bilan tugallanavermaydi. Ko'pchilik hollarda ketma-ket bir necha radioaktiv o'zgarish kuzatiladi. Bu holda bir-biri bilan “qarindoshlik” aloqalarida bo'lgan radioaktiv parchalanishlarning butun bir zanjiri hosil bo'ladi. Shuning uchun radioaktiv zanjirlar ko'pincha *radioaktiv oilalar* deb yuritiladi.

Tabiiy radioaktiv izotoplar orasida yarim yemirilish davri Yerning yoshi ($4,5 \cdot 10^9$ yil)ga yaqin bo'lgan uchta izotop ma'lum. Bularga ^{238}U ($T=4,5 \cdot 10^9$ yil), ^{235}U ($T=7 \cdot 10^8$ yil) va ^{232}Th ($T=1,4 \cdot 10^{10}$ yil) lar kiradi. Bu izotoplarning hammasi Mendeleyev davriy sistemasining oxiridan joy olgan bo'lib, uchta tabiiy radioaktiv oilani boshlab beradi. Uran oilasi Mendeleyev davriy sistemasida eng barqaror bo'lgan qo'rg'oshinning ^{206}Pb va ^{207}Pb izotoplari bilan tugaydi. Har bir oilada massa soni α – yemirilish natijasida o'zgaradi. Shuning uchun istalgan oiladagi izotoplarning massa sonlari bir xil formula bilan ifodalanadi:

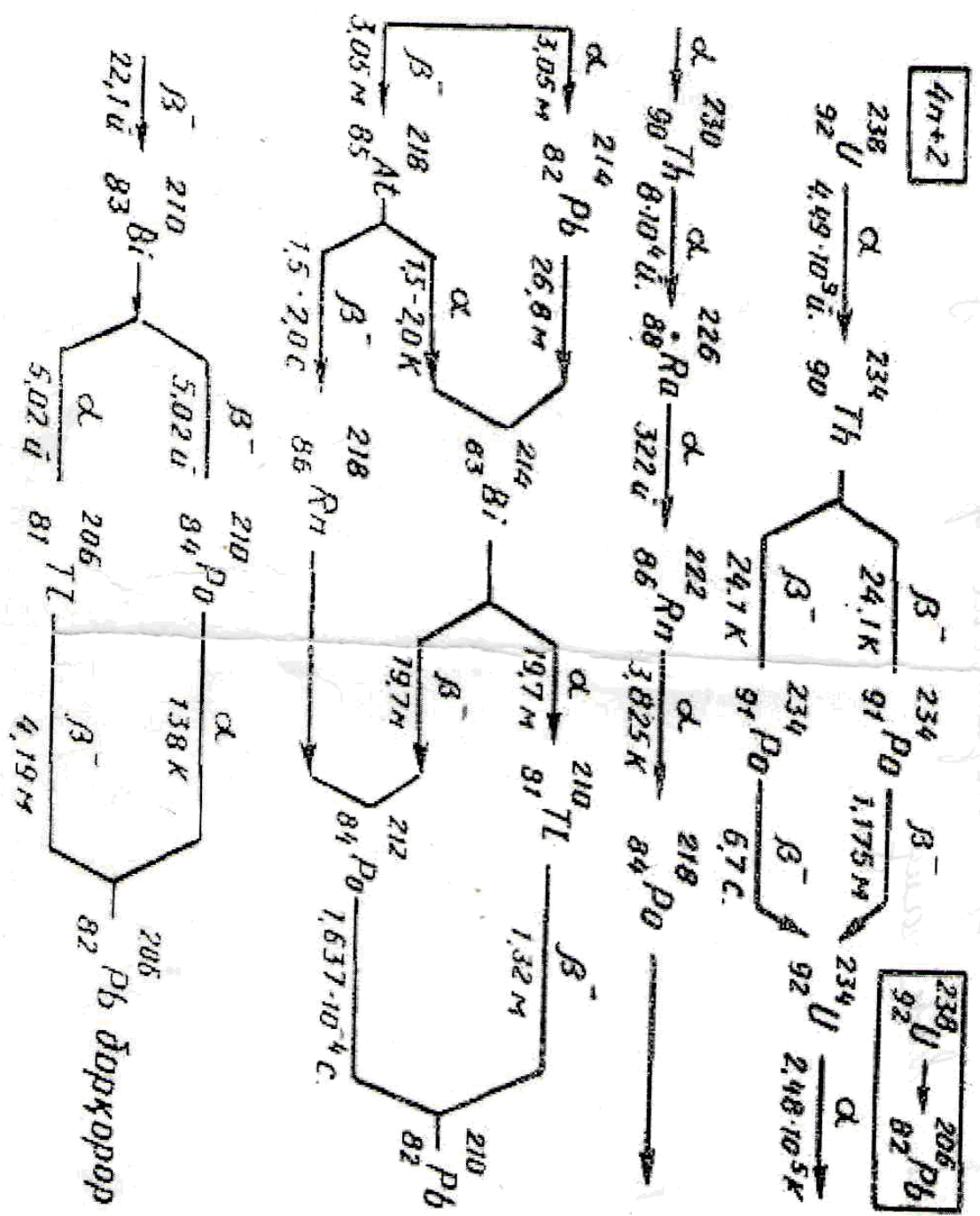
$$A = 4n + c, \quad (1.7)$$

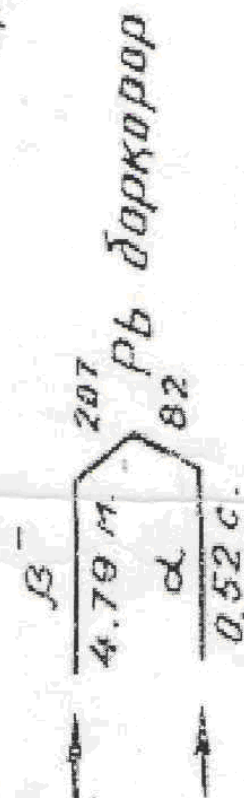
bu yerda n -butun sonlarni qabul qiladi. S -har bir oila uchun doimiy bo'lgan son

Tabiatdagi radioaktiv nurlanishlarni hosil qiluvchi asosiy tabiiy radioaktiv elementlar uran-238, toriy-232, uran-235 tabiiy radioaktiv oilalar a'zolari va kaliy-40. Bundan tashqari ko'pgina kimyoviy elementlarning ham radioaktiv izotoplari mavjuddir, masalan, ^{153}Sm , ^{138}La , ^{115}In , ^{176}Lu . Lekin bu radioaktiv izotoplarning tabiatda tarqalishi kam bo'lganligi va yarim yemirilish davri katta bo'lganligi uchun umumiy radioaktivlikka qo'shgan hissasi kichikdir. Shuning uchun ham tabiatda uran, toriy va kaliy elementlari muhim ahamiyatga ega.

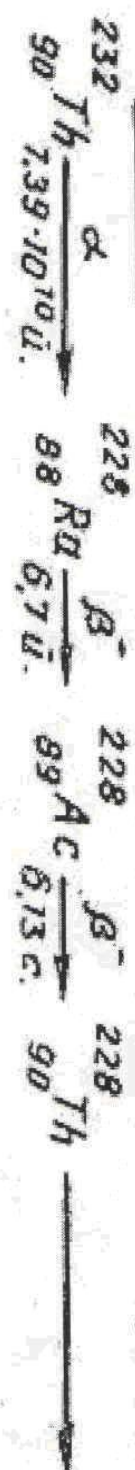
Uran-238, toriy-232 va uran-235 larning yarim yemirilish davrlarini Yerning yashash vaqti bilan taqqoslaganda shu narsa aniqlanadiki, yerda toriy-232 deyarli hammasi saqlangan, uran-238 qisman yemirilgan, uran-235 esa katta miqdorda yemirilgan. Shuning uchun ham yerda toriy-232 katta miqdorda, uran-235 uran-238 ga qaraganda 140 marta kichik miqdorda aniqlandi.

Uran-238, toriy-232 va uran-235 lar tabiiy radioaktiv oilalar boshliqlari hisoblanadi. Bu oilaning yemirilish zanjiri 1, 2, 3-rasmlarda sxematik ravishda keltirilgan [1].

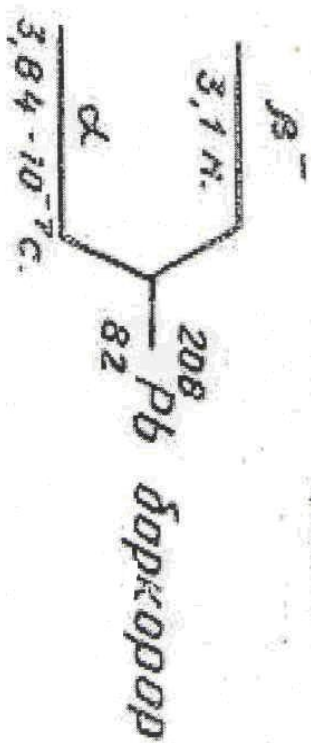
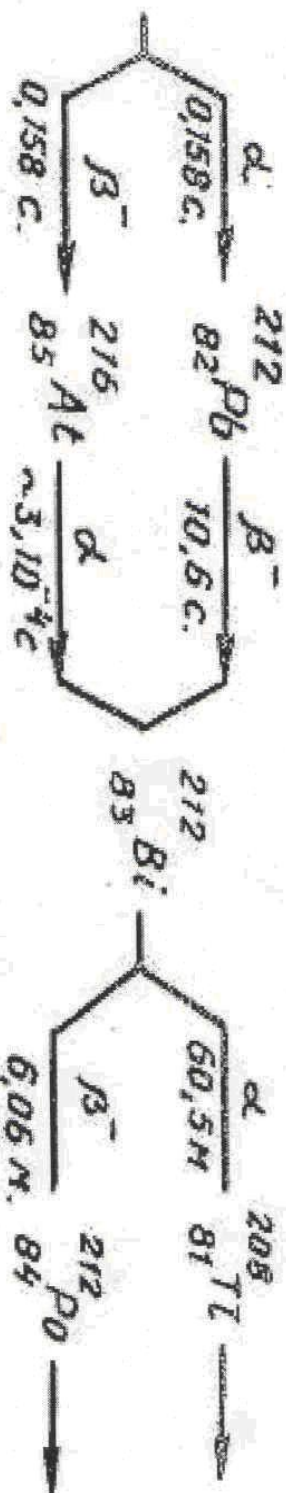
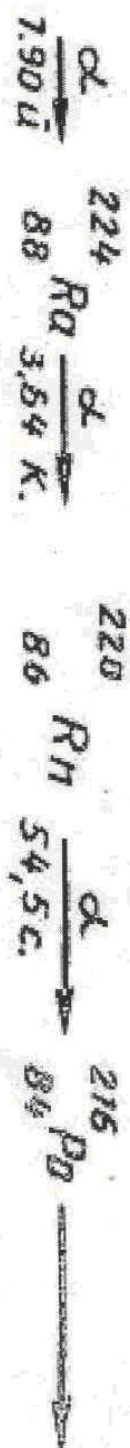




4n



232
90 Th —————→ 208
82 Pb



Bu uchta oilaga kiradigan radionuklidlar ketma-ket radioaktiv aylanishlarda hosil bo'ladigan radionuklidlar bo'lib, bir-birlari bilan bog'lanadilar. Radioaktiv oilalarga kiradigan radionuklidlarning yarim yemirilish davrlari turlichadir. Masalan, uran-238 ning yarim yemirilish davri $4,5 \cdot 10^9$ yil, radiy-226 niki 1620 yil, Po-218 (RaA) niki 3000 sek.va h.k. Oilalarda radionuklidlar yarim yemirilish davrlari turlicha bo'lsada, uran va toriy oilasidagi radionuklidlar orasida radioaktiv muvozanat saqlanadi.

Uran-238 oilasiga radioaktiv aylanishlar qo'rg'oshinning barqaror izotopi ^{206}Pb bilan tugaydi, uran-235 oilasidagi radioaktiv aylanishlar qo'rg'oshinning barqaror izotopi ^{207}Pb bilan toriy-232 oilasidagi radioaktiv aylanishlar esa qo'rg'oshinning barqaror izotopi bilan tugaydi.

1.8-formulada uran oilasi uchun $s=2$; n esa, $51 \leq n < 59$ oraliqda; aktinouran oilasi uchun $s=3$; $51 \leq n < 58$; toriy oilasi uchun $s=0$; $51 \leq n < 58$. $S=1$ bo'lgan tabiiy radioaktiv oilani qidirishlar natija bermadi. Uni keyinchalik sun'iy yo'l bilan olindi. Bu neptuniy oilasi bo'lib, boshida neptuniy izotopi $^{237}_{93}\text{Np}$ turadi. Uning yarim yemirilish davri $2,2 \cdot 10^6$ yilga barobar U^{238} , Th^{232} , U^{235} (AcU) va Np^{237} oilalari to'g'risidagi ma'lumotlar 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

№	Oilalar	Atom og'irligi	Yarim yemirilish davri T	
1	$^{238}_{92}\text{U}$ oilasi	$4n$	$4,5 \cdot 10^9$ yil	Oilada 15 element bor oxirgisi turg'un Pb^{206}
2	$^{232}_{90}\text{Th}$ oilasi	$4n+2$	$1,4 \cdot 10^{10}$ yil	Oilada 11 ta radioaktiv element bor oxirgisi turg'un Pb^{208}
3	$^{235}_{92}\text{U}$ (AcU) oilasi	$4n+3$	$7,2 \cdot 10^9$ yil	Oilada 14 element bor oxirgisi turg'un Pb^{207}
4	$^{237}_{93}\text{Np}$ oilasi	$4n+1$	$2,2 \cdot 10^6$ yil	Oilada 14 element bor oxirgisi $^{206}_{89}\text{Bi}$

Tartib nomeri $z \geq 81$ (Tl elementdan boshlab) bo'lgan izotoplar radioaktiv oilalarga birlashgan. Hozir izotoplar orasidagi gigiyenik aloqa ancha qat'iy aniqlangan.

Tabiatda tarqalgan tabiiy radioaktiv oilalar boshliqlari ^{238}U , ^{232}Th , ^{235}U larning yemirilishidan quyidagi tabiiy radioaktiv izotoplar hosil bo'ladi:

^{238}U oilasida: ^{234}Th , ^{234}Pa , ^{234}U , ^{230}Th , ^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{218}Po , ^{214}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{210}Po , ^{206}Pb .

^{232}Th oilasida: ^{228}Ra , ^{228}Ac , ^{228}Th , ^{224}Ra , ^{220}Rn , ^{216}Po , ^{212}Po , ^{212}Pb , ^{208}Pb .

^{235}U oilasida: ^{231}Th , ^{231}Po , ^{227}Ac , ^{227}Th , ^{223}Ra , ^{219}Rn , ^{215}At , ^{215}Bi , ^{215}Po , ^{211}Pb , ^{211}Bi , ^{207}Pb .

Bunday radionuklidlar kichik miqdorda bo'lsada tabiat namunalarida keng tarqalgan bo'lib, ularning yarim yemirilish davrlari 0,3 sek. (Ra^{222}) dan $2,5 \cdot 10^5$ gacha (U^{234}) ytadi. Yarim yemirilish davrlari kichik bo'lgan radionuklidlarning yemirilish tezligi katta. Radioaktiv oilalarning yemirilish zanjiri 1.1-rasmda keltirilgan. 1.1.-jadvaldan ko'rish mumkinki, bunday radioaktiv izotoplarning yarim yemirilish davri juda katta bo'lib 1021yilgacha yetadi (Tl^{130}). Shuning uchun ularning yemirilish tezligi kichik bo'lib, aktivliklari hisobga olmaslik darajada past.

Mendeleyev elementlar davriy sistemasidagi ko'pgina mikroelementlarning radioaktiv izotoplari mavjud. Radioaktiv oilalarga kirmaydigan bunday radioaktiv izotoplar ham tabiatda tarqalgan. Lekin ularning yarim yemirilish davrlari juda katta (10^{10} - 10^{17} yil) bo'lib, aktivliklari kichik. Shuning uchun ular biosferaning umumiy radioaktivligi darajasiga sezilarli hissa qo'shmaydi. Lekin bunday tabiiy radioaktiv izotoplar orasida ^{40}K katta ahamiyatga egadir. Chunki kaliy elementi Yer qa'rida katta miqdorda tarqalgan (2,5%). Shuning uchun umumiy kaliy (kaliyning ^{39}K , ^{40}K , ^{41}K izotoplari tabiiy aralashmasi) tarkibidagi radioaktiv izotop ^{40}K ning ham tabiat namunalarida tarqalishi katta bo'lib, uning aktivligi yoki Yer qa'ri energiyasiga qo'shgan hissasi sezilarli darajada ahamiyatga egadir.

Radioaktiv oilalarga kirmaydigan bunday radioaktiv izotoplar to'g'risida ma'lumot 1.2-jadvalda keltirilgan.

Tabiiy radioaktiv oilalarga kirmaydigan tabiiy radioaktiv izotoplar

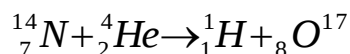
2-jadval

Radioaktiv element	Tabiiy izotopning element tabiiy aralashmasidagi miqdori, %	Yarim yemirilish davri, yil	Nurlanish turi	Nurlanishdan keyin hosil bo'lgan element
$^{40}_{19}\text{K}$	0,0119	$1,31 \cdot 10^9$	β^-	$^{40}_{20}\text{Ca}$
$^{48}_{20}\text{Ca}$	0,179	$2,0 \cdot 10^{16}$	β^-	$^{48}_{21}\text{Sc}$
$^{87}_{37}\text{Rb}$	27,85	$6,15 \cdot 10^{10}$	β^-	$^{87}_{38}\text{Sr}$
$^{96}_{40}\text{Zr}$	2,80	$6,2 \cdot 10^{16}$	β^-	$^{96}_{41}\text{Nb}$
$^{115}_{40}\text{In}$	95,77	$6,0 \cdot 10^{14}$	β^-	$^{115}_{50}\text{Sn}$
$^{130}_{52}\text{Te}$	34,11	$1,4 \cdot 10^{21}$	β^-	$^{130}_{52}\text{J}$
$^{136}_{53}\text{La}$	0,089	$7,0 \cdot 10^{10}$	β^-	$^{138}_{56}\text{Ba}$
$^{150}_{60}\text{Na}$	5,60	$5,0 \cdot 10^{10}$	β^-	$^{150}_{61}\text{Pm}$
$^{147}_{62}\text{Sm}$	15,07	$6,7 \cdot 10^{11}$	α	$^{142}_{60}\text{Nd}$
$^{176}_{71}\text{Lu}$	2,60	$2,4 \cdot 10^{10}$	β^-	$^{176}_{72}\text{Hf}$

Tabiiy radioaktiv elementlarning Yer qobig'idagi o'rtacha miqdori 0,1 % ni tashkil etadi.

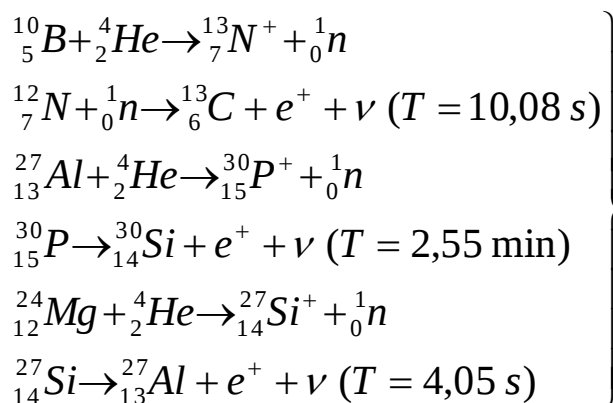
1.4. Sun'iy radioaktiv izotoplar [1-5, 12]

1919 yilda Rezerford α' -zarra bilan azot yadrosini bombardimon qilganda bir elementning boshqa elementga aylanishini aniqladi. Bunday sun'iy yadro reaksiyasi quyidagicha yoziladi:



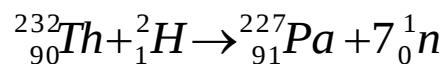
Alfa-yemirilish mexanizmidan ko'rinadiki, (kvant mexanikasiga asosan), alfa zarracha "tunnel effekti" orqali yadrodan chiqish ehtimoliyatiga ega. Shuning uchun tashqaridan kelayotgan alfa-zarra energiyasi bombardimon qilinayotgan yadroning sirtidagi potensial to'siq balandligidan past bo'lsa ham "tunnel samarasi" orqali u yadroga tushish ehtimoliyatiga ega bo'ladi, bunda yadro reaksiyasi ketishi mumkin. Shunday qilib, zarra energiyasi potensial to'siq balandligidan ancha past bo'lganda ham yadro reaksiyasi sodir bo'laveradi.

Rezerford tajribasidan bir necha yil keyin, 1934 yili Fredrik Jolio Kyuri va Iren Kyurilar V, Al, Mg elementlarini alfa-zarracha bilan nurlantirib sun'iy beta-aktivlikka ega bo'lgan nuklidlarni hosil qildilar. Hosil bo'lgan radioaktiv nuklidlar radiokimyoviy usul bilan ajratib olingach, ular N, P, Si, C, Al ekanligi aniqlandi. Hosil bo'lgan radioaktiv nuklidlar quyidagi yadro reaksiyasida hosil bo'lishi aniqlandi:

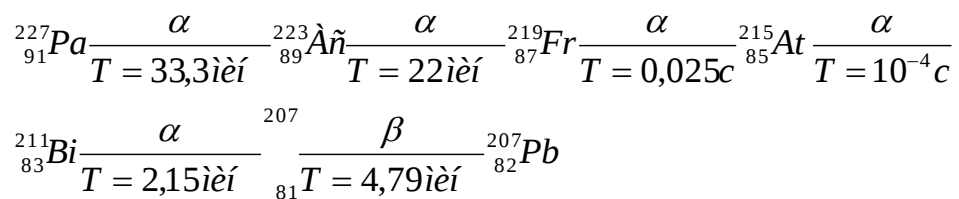


Hozirgi vaqtda mingdan ortiq sun'iy radiofaol nuklidlar ma'lum. Sun'iy radiofaol nuklidlarni hosil qilishda tezlatgichlarda zarralar energiyasini oshirish juda keng imkoniyat yaratdi. Eng katta tezlatgichlardan biri Dubna (Rossiya) shahrida qurilgan bo'lib, unda protonlarga beriladigan energiya 10 GeV ga tengdir. Serpuxov shaharchasidagi yuqori energiyalar institutida esa 76 GeV energiyali sinxrofazotron ishlab turibdi.

Hozirgi zamon tezlatgichlarida hosil qilingan zarralar (protonlar, deytronlar, alfa-zarralar va og'ir ionlar) yordamida og'ir yadrolarni bombardimon qilish natijasida oila boshlig'ining yarim yemirilish davri juda kichik va biz ko'rgan to'rt oilaga parallel bo'lgan deytron yordamida $^{232}_{90}\text{Th}$ elementi nurlantirilsa, radiofaol bo'lgan $^{227}_{91}\text{Pa}$ yadrosi hosil bo'ladi:



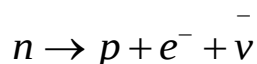
bu reaksiya natijasida hosil qilingan radiofaol $^{227}_{91}\text{Pa}$ yadrosi quyidagicha qator yemirilish berar ekan:



Beta faol nuklidlar hozirgi vaqtda ko'pchilik elementlarda aniqlangan. Ular tezlatgichlarga tezlashtirilgan zarralar yordamida turg'un (stabil) nuklidlarni bombardimon qilish hamda uran va toriy yadrolar og'ir nuklidlarining yadro reaktorlarida bo'linishi natijasida hosil qilinadi.

Hozirgi vaqtda umumiy nuklidlar soni 1300 dan ortiq bo'lib, Mendeleyev jadvalidagi har bir elementga o'rtacha 10 ga yaqin izotopi to'g'ri keladi. Og'ir elementlarda nuklidlar soni orta boradi. Tartib raqami Z bir xil bo'lib, massa

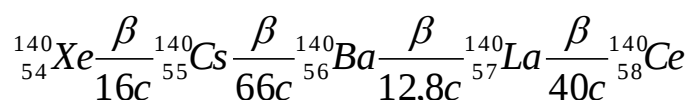
sonlari A bilan farq qiluvchi yadrolarga izotoplar deyiladi. Bundan ko'rinadiki, Mendeleyev jadvalidagi ma'lum xonada turuvchi element nuklidlari shu element yadrosiga neytronlar qo'shilishi yoki kamayishi natijasida hosil bo'ladi. Neytronlar qo'shilishi natijasida hosil bo'lgan yadrolarda protonlar nisbati kamayishi va ayirilishi natijasida esa neytronlar nisbati kamayishi kuzatiladi. Protonlar nisbati kamayishi natijasida hosil bo'luvchi proton defesit (tanqis) yadrolarda neytronlar protonlarga aylanish ehtimoliyati katta bo'lib, β^- – yemirilish beradi:



Neytronlar nisbati kamayishi natijasida hosil bo'luvchi neytron-tanqis yadrolar esa pozitron chiqarish yoki qobiqlaridan elektron yutishi natijasida turg'un yadrolarga aylanadilar:



Og'ir yadrolar bo'linishidan hosil bo'lgan qoldiq, yadrolar kuchli proton-tanqis yadrolar bo'lib, bir necha ketma-ket β – yemirilishdan keyingina turg'un nuklidga aylanadilar. Masalan, $^{140}_{54}\text{Xe}$ qoldiq yadrosining yemirilishini qaraylik:



Bu ketma-ket keluvchi yemirilish turg'un nuklid $^{140}_{58}\text{Ce}$ bilan tugaydi. Agarda $^{140}_{54}\text{Xe}$ uchun neytron va protonlar nisbati $N/Z \approx 1,6$ bo'lsa, $^{140}_{58}\text{Ce}$ uchun $N/Z \approx 1,64$ dir.

Bunday yadroviy reaksiyalarda hosil qilingan sun'iy radionuklidlar ilmiy-tekshirish ishlarda, tibbiyotda, qishloq xo'jaligida, neft sanoatida, metallurgiyada, yengil sanoatda va boshqa turli sohalarda keng ishlatiladi, yadroviy qurilmalar, atom sanoati ishlashidan (normal ish rejimidan chetlangan holatlarda) turli

mamlakatlar tomonidan o'tkazilayotgan yadro qurollari sinovlaridan hosil bo'lib, atrof-nuhitga tarqaladigan radionuklidlar Cs^{137} , Sr^{90} , Ce^{144} , Sb^{125} , Rh^{106} va hokazo ob-havo sharoitlari shamollar, suvlar oqimi orqali atrof-muhit namunalariiga o'tirib qoladi va ularning radioaktiv ifloslanishiga olib keladi.

1.6. Radonning hosil bo'lishi va xossalari [6, 9, 10]

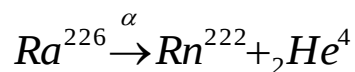
Radonning izotoplari ${}_{86}Rn^{222}$ (radon), ${}_{86}Th^{220}$ (toron) va ${}_{86}An^{219}$ (aktinon) lar radonning izotoplari hisoblanadi. Radonning bu izotoplari radioaktiv gaz holida mavjud. ${}^{222}Rn$ uran-238 tabiiy radioaktiv oilasida, ${}^{220}Th$ uran-235 tabiiy radioaktiv oilasida, ${}^{219}An$ uran-235 tabiiy radioaktiv oilasida hosil bo'ladi. Radon 1900 yilda Dorn va Deberman tomonidan, toron 1899-1900 yillarda Ouens va Rezerford tomonidan, aktinon 1902 yilda Gizel tomonidan ochilgan.

Radon izotoplari. Radon izotoplari uran-238, toriy-232, uran-235 radioaktiv oilalar yemirilish zanjiriga kiradigan radiyning izotoplari – ${}_{88}Pa^{226}$, ${}_{88}ThX^{224}$ va ${}_{88}Ac^{223}$ larning yemirilishi natijasida paydo bo'ladi. Tabiiy radioaktiv oilalarda radon izotoplarining yemirilishidan uning qisqa yashovchi izotoplari ham hosil bo'ladi. Uran-238 oilasida ${}^{222}Rn$ ning yemirilishidan ${}^{218}Rn$ hosil bo'ladi. Radon izotoplari radiy izotoplarining α – yemirilishidan hosil bo'ladi.

Tabiatda uchta (U^{238} , Th^{232} , $U^{235}AcU$) tabiiy radioaktiv oilalar mavjud. Ularning yemirilishidan xosil bo'ladigan (Ra , Rn , Pb^{214} , Bi^{214} , Pb^{212} , Ac^{228} , Tl^{208}) izotoplar ham radioaktiv bo'lib, ular atrof-muxit namunalari (suv, tuproq, tog'-jinslari, havo va boshqalar) tabiiy xolda tarqalgan. Bunday radioaktiv izotoplar yarim yemirilish davriga bog'liq ravishda yemirilib turadi. Yemirilishda turli xil energiyadagi α, β, γ -radioaktiv nurlanishlar ajraladi. Bu nurlanishlar biosferadagi nurlanishlarga asosiy hissa qo'shadi. Bundan tashqari elementlar davriy sistemasidagi ko'pgina kimyoviy elementlarning ham radioaktiv izotoplari aniqlangan: K^{40} , Rb^{87} , Lu^{176} , J^{115} , La^{138} va boshqalar. Lekin ularning yarim

yemirilish davrlari juda katta bo'lib, 10^{21} yilgacha yetadi. Shuning uchun biosfera nurlanishlariga qo'shgan xissasi hisobga olmaslik darajada kichik. Faqat K^{40} muhim ahamiyatga ega, uning Yer qobig'ida tarqalishi 2,4% ni tashkil etadi. Kishilar bir yilda oladigan nurlanishlarining o'rtacha 5,6 qismini yerdagi tabiiy radioaktiv nurlanishlardan oladi.

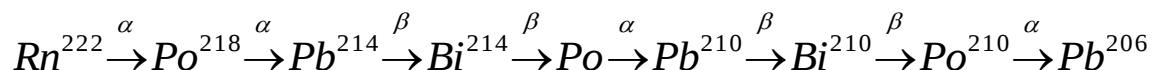
1. Radonning hosil bo'lishi va xususiyatlari. Radon-222 (Rn^{222}) U^{238} radioaktiv oilaning yemirilish zanjiriga kiradigan Ra^{226} radioaktiv izotopining alfa-yemirilishidan xosil bo'ladi.



Alfa-zarra geliy yadrosidir (${}_2He^4$). Radiy-226 ning yemirilishidan radon-222 ning hosil bo'lish sxemasi 4-rasmda tasvirlangan.

Tog' jinslarida, tuproqlarda, havoda, suvlarda, turli qurilish materiallarida tarqalgan Ra^{226} ning yemirilishidan xosil bo'lgan Rn^{222} yuqoriga ko'tariladi va diffuziya yo'li bilan havoga aralashadi. Atmosfera havosining pastki qatlamlarining radioaktivligi asosan radon miqdori bilan aniqlanadi. Biosferadagi tabiiy radioaktiv manbalar orasida eng asosiysi radon ekanligi aniqlangan. Radon suvda yaxshi eriydi. Radon havo va suvlar harakati bilan hosil bo'lgan joyidan ancha uzoq masofalarga tarqaladi. Havo tarkibidagi radon kishilarning nafas olishida nafas yo'llari orqali kishilar organizmiga o'tadi. Kishilar organizmidagi radon miqdori havodagi radon miqdorining 30 % bilan aniqlanadi. Suvda erigan radon suv, oziq-ovqatlar orqali ham organizmlarga o'tadi. Birlashgan millatlar tashkiloti atom energiyasini baholash bo'limi bergan ma'lumotlarga asosan kishilarning bir yil davomida tabiiy radioaktiv elementlar nurlanishidan oladigan nurlanishlarning 3/4 qismini radon tashkil etadi. Tekshirishlar ko'rsatadiki, kishilar nafas olishi bilan organizmga o'tgan radon miqdorining 70% nafas chiqarilganda tashqariga chiqariladi. 30% organizmda qoladi. Organizmda qolgan radon qonda organizm to'qimalari suyuqligida eriydi va qon bilan butun organizm

to'qimalariga o'tadi, bunda sog'lom to'qimalar alfa-zarralar bilan nurlanadi. Alfa-zarralar kuchli ionlashtirish xossasiga ega bo'lgani uchun alfa-zarra sog'lom to'qimalar atomlarini ionlashtiradi, bu esa to'qimalarning normal faoliyatining buzilishiga, patologik xavfli jarayonlarning paydo bo'lishiga olib keladi. Havoda, suvlarda bo'lgan radon ham o'z navba-tida alfa-zarralar chiqarib yemiriladi. Uning yemirilishidan bir qator radioaktiv izotoplar hosil bo'ladi.



Yemirilishda hosil bo'lgan radioaktiv izotoplar metallardir. Ularning yarim yemirilish davrlari turlicha bo'lib, sekundlardan 19,4 yilgacha yetadi. Ular havodagi turli changlar, tumanlar zarralariga tezda o'tirib oladi. Kishilar nafas olganda nafas yo'llari orqali organizm ichiga o'tadi. Organizmga o'tgan bunday radionuklidlarning yarim yemirilish davrlari kichik bo'lgandari masalan, Bi^{214} ($T_{1/2}=19,7$ min), Pb^{214} ($T_{1/2}=26,8$ min), Po^{214} ($T_{1/2}=164$ sek) radionuklidlari tezda yemirilib tugaydi. Lekin yarim yemirilish davri katta bo'lgan radioaktiv izotoplar organizm ichida uzoq vaqt saqlanishi va ichki nurlanish manbaiga aylanishi mumkin. Masalan, Pb^{210} ning yarim yemirilish davri $T_{1/2}=19,4$ yil, Ro^{210} ning yarim yemirilish davri $T_{1/2}=138,4$ sutka. Pb^{210} va Ro^{210} radioaktiv izotoplarining yarim yemirilish davrlari katta bo'lganligi uchun ular kishilar organizmida uzoq vaqt saqlanadi va organizmni nurlantirib turadi. Tekshirishlar bunday radioaktiv izotoplarining kishilar organizmida saqlanish vaqti taqriban 70 sutka ekanligini ko'rsatdi. Pb^{210} va Ro^{210} radioaktiv izotoplari kishilar organizmida asosan skletlarda, suyaklarda, o'pka, jigar, buyrakda kishilarning sochlarida, mushaklarida tuplanishi aniqlangan. Masalan, A.P.Ermalayev tekshirishlari kishilar sochlarida tuplangan Pb^{210} ning solishtirma aktivligi 50 pkyuri/k dan 780 pkyuri/kg gacha yoki 1,85 BkG/kg dan 28,86 BkG/kg gacha bo'lgan kishilar o'pkasida 0,23 Bk/kg, jigarda 0,51 Bk/kg, qonda 1,29 Bk/kg. Kishilar organizmida radionuklidlarning tuplanishi, kishilarni ichkaridan nurlanishiga olib keladi.

Kishilarning oladigan nurlanish miqdori, nurlanishning xavfsiz deb belgilangan chegaraviy miqdoridan ortib ketganda, sog'lom kishilarda patalogik jarayonlar – nasl kasalligi, pushtsizlik, teri kasalligi, saraton kasalligi kabi xayot uchun xavfli bo'lgan kasalliklar kelib chiqishiga sabab bo'lishi mumkin. Shuning uchun ham suv, xavo tarkibidagi radon miqdorini uning migratsiyasini doimiy nazorat qilish, uni kamaytirish usullarini izlash, qo'llash radioekologik nuqtai-nazardan dolzarb muammo hisoblanadi. Bundan tashqari havo suvlarda radon miqdorini aniqlash geologiyadab kon-qidiruv ishlarida ham juda muhim.

Radonni aniqlashning turli usullari mavjud, alfa-spektrometrik usul, ionizatsion usul, impuls usuli, aktivirovannoy ko'mirda radonni tuplash kabi usullar mavjud. Bunday ko'pchilik usullar radon yemirilishida chiqadigan alfa zarralarni o'lchashga asoslangan. Lekin radonni yemirilishidan hosil bo'ladigan xosilaviy radioaktiv izotoplar emirilishida chiqadigan nurlanishlarni o'lchash orqali radonni aniqlash mumkin bo'lgan usullari ham mavjud. Bunda U^{238} oilasida Ra^{226} yemirilishidan xosil bo'ladigan radioaktiv izotoplar orasida bo'ladigan radioaktiv muvozanat tenglamasidan foydalaniladi. Biz kafedra qoshidagi «Yadro fizikasi» ilmiy laboratoriyasining o'lchashlar xonasi havosi tarkibidagi radon miqdorini aniqladik. Buning uchun changyutgichdan va NaJ(Tl) kristalli stsintillyatsion gamma spektrometrdan foydalandik. Radonni aniqlash uchun dastlab filtr qog'ozni changyutgich trubasiga joylashtirildi va 20 minut davomida havo surildi. Bunda havodagi chang zarralari filtr qog'ozda tuplandi, quyuqlashdi. So'ng filtr qog'ozni tezlik bilan olib stsintillyatsion detektor ustiga qo'yib 40 minut davomida gamma- spektrini o'lchadik. Foydalanilgan gamma spektrometrga kompyuter ulangan bo'lib, kompyuterga maxsus «MAPS» dasturi kiritilgan. Dastur o'lchangan gamma-spektrni energiya bo'yicha identifikatsiya qilib, spektrda aniqlangan radioaktiv izotoplarning solishtirma aktivligini hisoblab beradi. Dasturda namuna tarkibidagi Ra^{226} , Th^{232} , K^{40} , Cs^{137} radioaktiv izotoplarining solishtirma aktivligi aniqlanadi. Biz havodagi Ra^{226} ning solishtirma

aktivligini bilgan holda Ra^{226} va Rn^{222} orasidagi radioaktiv muvozanat tenglamasidan foydalanib, havodagi radon miqdorini aniqladik.

Radonning barcha izotoplari α – yemiriluvchilardir. Radonning qisqa yashovchi izotoplari α va β zarralar chiqarib yemiriladi. Yemirilishdan radon izotoplari hosil bo'ladigan radiy izotoplarining yarim yemirilish davrlari har xil: ^{226}Ra uchun $T=1620$ yil, ^{224}Ra uchun $T=3,64$ kun, ^{223}Ra uchun $T=1,12$ kun. ^{226}Ra , ^{224}Ra , ^{223}Ra izotoplarining α – yemirilishida chiqaradigan α – zarralar energiyalari quyidagicha:

$$^{226}Ra \begin{cases} 4,589 \text{ MeV} (5,7\%) \\ 4,777 \text{ MeV} (94,3\%) \end{cases}$$

$$^{224}Ra \begin{cases} 5,448 \text{ MeV} (4,6\%) \\ 5,681 \text{ MeV} (95\%) \end{cases}$$

$$^{223}Ra \begin{cases} 5,419 \text{ MeV} (3\%) \\ 5,487 \text{ MeV} (2\%) \\ 5,528 \text{ MeV} (9\%) \\ 5,596 \text{ MeV} (24\%) \\ 5,704 \text{ MeV} (53\%) \\ 5,730 \text{ MeV} (9\%) \end{cases}$$

Radon izotoplari yarim yemirilish davrlarining har xil bo'lishi Rn izotoplarining turli namunalarda tarqalishini, miqdorini aniqlashda juda muhimdir. Rn izotoplari yemirilishidan hosil bo'ladigan qisqa yashovchi radioaktiv ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{212}Bi , ^{208}Te , ^{207}Tl , ^{220}Rn izotoplari yemirilishida turli energiyada gamma-nurlar chiqariladi. Havo tarkibida bo'lgan radon izotoplari yemirilishidan hosil bo'ladigan qattiq holdagi radioaktiv izotoplar – Tl , Bi , Po , Pb , At havodagi chang zarralariga yoki ularga tegib turgan sirtlarga yupqa parda sifatida o'tirib qoladi.

Radon izotoplari yoki uning yemirilishidan hosil bo'ladigan qisqa yashovchi radioaktiv izotoplar eksponensial qonun asosida, ya'ni radioaktiv yemirilish qonuni asosida yemiriladi:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

bu formulada N_0 – yemirilishdan oldingi radioaktiv yadrolar soni, N – yemirilishdan keying yadrolar soni, t – yemirilish vaqti, λ – yemirilish doimiyligi

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0,693}{T_{1/2}}$$

$T_{1/2}$ – radioaktiv yadroning yarim yemirilish davri.

Ona yadroning (radiy izotoplarining) yemirilishidan hosil bo'lgan radonning to'planishini quyidagi formula orqali hisoblash mumkin:

$$N_2 = \frac{\lambda_1 N_{10}}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t})$$

N_2 – yemirilishdan hosil bo'lgan yadrolar soni, N_{10} – yemirilayotgan ona yadrolar soni, λ_1 va λ_2 – ona yadro va hosil bo'lgan yadrolarning yemirilish doimiyliklari, t – hosil bo'layotgan yadrolarning to'planish vaqti. $\lambda_1 \leq \lambda_2$ bo'lganda radon izotoplarining to'planishini quyidagi formula orqali hisoblash mumkin:

$$N_2 = \frac{\lambda_1 N_{10}}{\lambda_2} (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t})$$

Radiy yemirilishidan hosil bo'lgan radonni Kyuri birligida grammlarda quyidagi formuladan aniqlash mumkin:

$$Rn = Ra(1 - e^{-\lambda_{Rn} t})$$

Aktivligi 1 Kyuri bo'lgan radon miqdori 6,5 mkg bo'lib, 0,66 mm³ hajmni egallaydi. Aktivligi 1 Kyuri yoki $3,7 \cdot 10^{10}$ Bekkerel bo'lgan radon yemirilishidagi α – zarralar hosil qilgan tok kuchi quyidagicha hisoblanadi:

$$J = 3,7 \cdot 10^{10} \cdot 1,55 \cdot 10^5 \cdot 4,8 \cdot 10^{-10} = 2,75 \cdot 10^6 \text{ sgse} = 0,917 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

Ionizatsion kamera yoki ssintillyatsion kameralarga o'lchanayotgan radon kiritilganda tok kuchi va sanash tezligi ortadi.

Radon izotoplari suvda va boshqa suyuqliklarda eriydi. 15°C temperaturada radonning erish koeffitsiyenti 0,25 dan 0,30 gacha bo'lishi mumkin. Erish koeffitsiyenti - α .

$$\frac{Q^1}{Q^2} = \frac{c^1 v^1}{c^2 v^2} = \alpha \frac{v^1}{v^2}$$

Q^1 va Q^2 – radonning suyuqlikdagi va havodagi miqdori, v^1 va v^2 – suyuqlik va havo hajmi, c^1 va c^2 – radonning suyuqlikdagi va havodagi konsentratsiyasi. Radonning erish koeffitsiyenti α – temperatura ortishi bilan

$$\alpha = 0,1057 + 0,405\ell^{-0,0502}$$

qonun bo'yicha o'zgaradi.

Suv temperaturasi ortishi bilan suvda radon kamayadi. Suv qaynatilganda suvdagi radon butunlay tamom bo'ladi.

Radonning suvlarda erishi suvlar tarkibida turli xil tuzlar borligiga, ya'ni suvlarning mineralli darajasiga bog'liq. Suvlar tarkibida turli tuzlar (NaCl , KCl , CuSO_4 va b.) miqdori qancha katta bo'lsa, radonning suvda erishi shunchalik kamayadi. Masalan, NaCl zichligi $1,008 \text{ g/sm}^3$ bo'lganda radonning erish koeffitsiyenti $\alpha = 0,239$, NaCl zichligi suvda 1,203 bo'lganda radonning erish koeffitsiyenti $\alpha = 0,042$ ga teng bo'ladi.

Radon turli suyuqliklar va moylarda temperaturaga bog'liq ravishda turlicha eriydi. Temperatura ortishi bilan erishi kamayadi. Masalan, etil spirtida 18°C da radonning erish koeffitsiyenti $\alpha = 6,17$, 0°C da $\alpha = 8,28$ yoki atsetonda 18°C temperaturada radonning erish koeffitsiyenti $\alpha = 6,3$, 0°C temperaturada esa $\alpha = 7,99$.

Radon turli suyuqliklarda turlicha eriydi. Kishilar organizmidagi qonda radonning erish koeffitsiyenti $\alpha = 0,29$; havo temperaturasi $40^{\circ} - 41^{\circ}\text{C}$ bo'lganda

kishilar organizmidagi qonda erish koeffitsiyenti $\alpha = 0,43$ dan $\alpha = 2,24$ gacha yetadi. Kishilar organizmidagi yog'li to'qimalarda $\alpha = 0,85$.

Radon izotoplari qattiq sirtlar tomonidan topiladi. Yutilish kattaligi yutuvchi sirtning ichki tuzilishiga bog'liq.

Shisha va metall sirtlar oddiy temperaturalarda faqat radonning izlarini to'playdi. Moylar va kauchuk radonni ko'proq yutadi. Ko'mir radonni eng yaxshi to'plovchi hisoblanadi. -65°C temperaturada va atmosfera bosimida Rn gaz holidan suyuq holga o'tadi. Rn -113°C temperaturada qattiq holatga o'tadi, radonning erish temperaturasi 71°C , qaynash temperaturasi $-61,8^{\circ}\text{C}$. 0°C temperatura va 760 mm Hg bosimda gaz holidagi radon zichligi $9,7 \cdot 10^{-3} \text{ g/sm}^3$, suyuq radon zichligi esa $5,7 \text{ g/sm}^3$. Radon spektrida ko'rinadigan, ultrabinafsha, infraqizil sohalarda 227 ta chiziq aniqlangan.

Suyuq radon rangsiz, tiniq. Keyinchalik radon yemirilishidagi radioaktiv izotoplar hosil bo'lishi tufayli xiralashadi. Radon shisha idish davrida yashil fluoressensiya hosil qiladi. Radon qattiq holda tiniq emas, havorang brilliant kabi yarqiraydi.

Radon izotoplari tabiatda alohida atomlar sifatida mavjud, tog' jinslarida radiy yemirilishidan hosil bo'ladigan radon yoki shu radiy bo'lgan, minerallar ichida qoladi (radonning bog'langan izotoplari) yoki minerallar yoriqlashda, kapillyarlarda to'planadi (radonning erkin izotoplari). Radonning hosil bo'lgan joyidan tarqalishi emonatsiya va diffuziya jarayonlariga bog'liq.

Havodagi radon miqdori Finlyandiya, AQSh, Shvetsiya, Kanada kabi bir qator mamlakatlarda aniqlangan. Turli joylardagi tekshirilgan xonalar havosida aniqlangan radon miqdori 90% xollarda o'rtacha 50 Bk/kg ga teng bo'lgan, ochiq havoda esa bundan 25 marta kichik miqdorda aniqlangan.

Radon tarqalishi quyidagi xususiyatlarga ega.

1. Radon rangsiz, ta'msiz, xidsiz, zichligi $7,5 \cdot 10^{-3} \text{p/sm}^3$, xavodan og'ir bo'lgan radioaktiv gaz, uning yarim yemirilish davri $T_{1/2}=3,8$ kun. Radon alfa –zarra chiqarib yemiriladi.
2. Atmosfera xavosining yerga yaqin qatlami havosi tarkibidagi radon miqdori yerning geografik joylashgan joyiga, meteorologik faktorlariga bog'liq bo'lib kuchli ravishda o'zgarib turadi.
3. Havoda namlik kata bo'lganda radioaktiv izotoplar to'planishi ham katta miqdorda bo'ladi. Chunki nam havoda suv bug'larining kondensatsiyasi bo'lib, ularda radioaktiv elementlar to'planadi.
4. Yer sirtidan balandlikka ko'tarilgan sari havoda radon miqdori kamaya boradi. Yerdan 1 m balandlikda havodagi radon miqdori 95% radon, 10 m balandlikda 87 % radon, 100 m balandlikda 69% radon, 1000 m balandlikda 38% radon, 7000 m da 7% radon borligi aniqlandi.
5. Atmosfera havosida radonning qancha bo'lishi havo qatlamlarining aralashish darajasiga bog'liq. Aralashmagan, harakatsiz havoda radon miqdori, havo radioaktivligi katta bo'ladi. Shamollar havoni aralashtiradi, bundan radioaktiv elementlar tarqalib, havo radioaktivligi, radon miqdori kamayadi.
6. Radonning xonalar havosida qanday darajada bo'lishi xona qurilgan qurilish materiallariga bog'liq. Turli toshlardan penza, granit, betonlardan qurilgan xonalar xavosida radon miqdori katta, yog'ochdan oddiy g'ishtlardan qurilgan uylar xavosida radon miqdori kichik.
7. Suvlar temperaturasi ortishi bilan radon kamayadi, suv qaynaganda suvda radon qolmaydi.
8. Eshik, derazalar yopilgan, shamollatilmagan xonalar xavosida radon miqdori katta bo'ladi, tashqari xavodagi radon miqdoriga qaraganda 8 marta atrofida katta bo'lishi aniqlangan. Xonalar shamollatilganda, derazalar ochilganda xavo tarqaladi, ichkari xavoda ham radon kamayadi, radon tarqaladi.

9. Atrof-muxitda temperatura qancha yuqori bo'lsa, radon xavoda shuncha kam bo'ladi, xavoda radonning kichik miqdori yoz oylariga to'g'ri keladi, katta miqdori esa kuz-qish oylariga to'g'ri kelishi aniqlangan. Atrof-muxitda temperatura qancha yuqori bo'lsa, suvlarda radon miqdori shunchalik kichik va aksincha suvning muzlashi temperaturasida radon miqdori temperatura 18-200S bo'lgandagi radon miqdoridan ikki marta ortiq bo'lishi aniqlangan
10. Radonning suvlarda erishi suv temperaturasiga va suvlar tarkibidagi NaCl, KCl kabi turli tuzlarning miqdoriga bog'liq. Tuzlar ko'p, temperatura yuqori bo'lsa radon kam eriydi.

Vannaxonalarda dush suvlarida radon miqdori katta bo'ladi. Oshxonaga qaraganda 3 marta o'tiradigan xonadagiga haraganda 40 marta ortishligi aniqlangan.

1.7. Radonning tabiatda tarqalishi [6-10, 12, 18]

Radon tabiat namunalarida keng tarqalgan: tog' jinslarida, suvlarda, atmosfera havosida, tabiiy gazlarda, neft va boshqalar tarkibida aniqlanadi. Hayvonlarda, o'simliklarda radon va uning yemirilishidan hosil bo'ladigan radioaktiv izotoplar uchraydi, chunki bunday tabiat namunalari tarkibida radiy radioaktiv izotopi aniqlanadi. Kishilar organizmidagi radiy miqdori $1,5 \cdot 10^{-10}$ grammdan $0,6 \cdot 10^{-13}$ grammgacha bo'ladi. Tabiat namunalarida radon izotoplari miqdorini bilish uchun, shu namuna tarkibidagi uran va toriy miqdorini bilish kerak. Yer sharining turli joylarida radioaktivlik turlicha. Ayrim joylarda uran va toriy katta miqdorda uchraydi, ayrim joylarda esa bu elementlar juda kichik miqdorda aniqlanadi. Ko'pgina olimlar tomonidan radon turli xil suvlarda turlicha miqdorda bo'lishi aniqlangan. Masalan, turli jinslar to'qimalaridan oqib o'tadigan, suv almashib turadigan zonalardagi suvlarda aniqlangan radon miqdori o'rtacha 15 eman suv alamshib turishi qiyin, kam bo'lgan zonalardagi suvlarda 6 eman, magmatik tog' jinslardan oqib o'tadigan suvlarda 100 eman, uran konlari bo'lgan

joylardan oqib o'tadigan suvlarda 1000 eman ekanligi aniqlangan [A.S.Serdyukova-6].

Radon turli rayonlar – joylar atmosferasi havosidagi kunning turli vaqtlarida har xil miqdorda aniqlangan. Radon ayni bir joyning o'zida atmosfera havosining aralashishiga bog'liq ravishda kunning turli vaqtida turlicha miqdorda aniqlanadi. Quruqlikdagi havoda aniqlangan radon miqdori $1,2 \cdot 10^{-13}$ Kyuri/l; okeanlar ustidagi havoda radon miqdori $1 \cdot 10^{-15}$ Kyuri/l miqdorda aniqlangan. Atmosfera havosida radon konsentratsiyasi qanday darajada bo'lishi meteorologik faktorlarga ham bog'liq. Masalan, atmosfera havosi bosimining pasayishi havoda radon konsentratsiyasiga ta'sir qiladi. Dengiz havosida radon konsentratsiyasi kichik bo'ladi. Undan balandlikka chiqqan sari radon konsentratsiyasi kamayib boradi. Masalan, Yerdan 1 metr balandlikda radon 95%, 10 metr balandlikda 87%, 100 metr balandlikda 69%, 1000 metr balandlikda 38%, 7000 metr balandlikda 7%. Radioaktiv elementlarning havodagi miqdori havo qatlamlarining aralashish intensivligiga kuchli bog'liq. Aralashmay turib qolgan harakatsiz havoda radioaktiv yuqori bo'ladi, shamol esa atmosfera havosi radioaktivligini kamaytiradi, tozalaydi.

Turar joylar xonalari havosida radon miqdori bino qurilgan qurilish materiallariga ham bog'liq. Yog'ochdan qurilgan uylardagi atmosfera havosida radon miqdori kichik, betonlardan, turli tosh, g'isht, loylardan qurilgan uylar atmosfera havosida radon katta miqdorda bo'lishi aniqlangan [6]. Turar joy xonalari havosidagi radon miqdori xonaning ventillyatsiya darajasiga ham bog'liq. Ochiq atmosfera havosidagi radon miqdoriga qaraganda turar joylar xonalaridagi atmosfera havosidagi radon miqdori yuqori darajada bo'ladi.

1.8. Radonning biologik ta'siri [6, 7, 12, 16, 18]

Radon va uning yemirilishidan hosil bo'ladigan radioaktiv izotoplarning yemirilishidagi radioaktiv nurlanishlarning biologik ta'siri atom va molekullarni

ionlashtirishda ko'rinadi. Organizmlarga ionlashtiruvchi nurlanishlarning biologik ta'siri nurlanish xiliga, nurlanish dozasiga, ta'sir qilish vaqtiga, nurlanayotgan sirt yuzasiga, individual sezgirligiga, nurlanishlar energiyasiga bog'liq.

Organizmda radioaktiv moddalarning ortiqcha to'planishi organizmda patologik o'zgarishlarni keltirib chiqaradi. Organizmning nurlanganligiga uzoq vaqtlar o'tgan bo'lsada, organizmda o'sma, naslsizlik kabi xavfli kasalliklar kelib chiqishi mumkin. Organizmga tushgan radioaktiv moddalar organizmni ichkaridan nurlantiradi. Bunda α – zarralar chiqaradigan radioaktiv izotoplar xavflidir, chunki α – zarralar kuchli ionlashtirish qobiliyatiga ega.

Radon izotoplari havodan nafas olish orqali nafas olish organlariga o'tadi, qonda to'qimalar suyuqligida eriydi. Qondagi radon miqdori, uning havodagi miqdori bilan aniqlanadi. Qondagi radon miqdori havodagi radon miqdorining 30% ini tashkil qiladi. Qancha o'tgan radon butun organizm to'qimalariga o'tadi va butun organizm α – zarralar bilan nurlanadi. Nafas olish yo'li bilan organizmga o'tgan radon yemirilishidan hosil bo'ladigan radionuklidlar nafas olish organlarida ushlanib qolinadi. Ushlanib qolish vaqti esa organizm to'qimalarining nurlanish dozasi darajasini aniqlaydi. Radioaktiv aerosol zarralarining o'pkada saqlanish vaqtini o'pkadan yarim chiqish davri bilan aniqlanadi. Organizmning radon va uning yemirilishidan hosil bo'lgan radioaktiv izotoplar nurlanishlari bilan nurlanishi natijasida organizmda toksik nurlanish pnevmoniyasi va boshqa kasalliklar kelib chiqishi mumkin.

1.9. O'rganiladigan radionuklid tavsifi [6, 9, 10, 12, 18]

Biosferada sochilgan tabiiy radionuklidlar hamda turli sabablarga ko'ra tabiat namunalarida paydo bo'lgan sun'iy kelib chiqishga ega bo'lgan radionuklidlar hech qanday tabiat hodisalariga, temperatura, bosim o'zgarishlariga bog'liq bo'lmagan holda yemirilib turadi. Bunday yemirilishlardan α , β , γ -nurlanishlar hosil bo'ladi va biosferaning umumiy nurlanishiga o'z hissasini qo'shadi. Tabiat

namunalarida tog'-jinslari, tuproqlar tarkibida bo'lgan uran-238 oilasiga tegishli bo'lgan radiy-226 radionuklidining yemirilishidan radon-222 hosil bo'ladi. Radon-222 havodan 7,5 marta og'ir va yarim yemirilish davri 3,8 kun bo'lgan radioaktiv gazdir. Radon-222 gaz bo'lganligi uchun havoga ko'tariladi va diffuziya yo'li bilan havoga aralashadi.

Atmosfera havosining radioaktivligi asosan radon-222 va uning yemirilishidan hosil bo'ladi. Pb^{214} , Bi^{214} , Po^{214} , Pb^{210} , Bi^{210} , Po^{210} radionuklidlari bilan aniqlanadi. radon va uning yemirilishidan hosil bo'lgan bunday radionuklidlar havodagi chang, tuman zarralariga o'tirib qoladi va kishilar nafas olganda nafas yo'llari orqali kishilar organizmiga o'tadi. Kishilar organizmiga o'tgan radon havodagi radonning 30% ni tashkil qiladi. Kishilar nafas olganda organizmga o'gan radonning 70% nafas chiqarishda tashqariga chiqariladi, organizmda qolgan radon qonda to'qimalar suyuqligida eriydi va qon orqali butun organizm to'qimalariga o'tadi. Bunda sog'lom organizm alfa zarralar bilan nurlanadi. Alfa zarra kuchli ionlashtirish qobiliyatiga ega bo'lganligi uchun organizmdagi sog'lom to'qimalarni ionlashtiradi. Bu esa to'qimalarning normal faoliyatining buzilishiga, organizmda patologik jarayonlarning kelib chiqishiga sabab bo'ladi.

Atmosfera havosi tarkibidagi radon miqdori hududning, joylarning, yer qatlamining tarkibiga bog'liq. Xonalar havosi xonalarning qanday qurilish materiallaridan qurilganligiga bog'liq bo'ladi. foydali qazilmalar, radioaktiv elementlar konlari bo'lgan hududlar havosidagi radon miqdori ham katta bo'ladi. Xonalar betonlardan qurilganda, xonalar derazalari ochilib shamollatilmaganda, havo harakati aralashishi bo'lmagan xonalarda, joylarda radon miqdori katta bo'ladi. Xonalar shamollatilganda havo tarqalib, aralashib xona havosida radon miqdori kamayadi. Balandlikka chiqqan sari havoda radon miqdori kamayib boradi, chunki radon havodan og'ir gaz.

Kishilarning tabiiy radioaktiv elementlardan oladigan nurlanishining $\frac{3}{4}$ qismini radon yemirilishidagi nurlanishlardan oladi. Kishilarning oladigan nurlanishning xavfsiz deb belgilangan chegaraviy miqdoridan ortib ketganda organi-

zmda hayot uchun xavfli bo'lgan turli kasalliklar boshlanishi mumkin. Shuning uchun ham kishilar nafas oladigan havo tarkibidagi radon miqdorini doimiy ravishda nazorat qilib borish ekologik nuqtai-nazardan muhim muammolardan biri hisoblanadi.

Ushbu magistrlik dissertatsiyasi ishini bajarishda kishilar ishlaydigan xona havosi tarkibidagi radon miqdorini aniqlashdan olingan natijalar ekologik muammolarga tegishli tashkilotlarda atrof-muhit namunalarining radioekologik holati to'g'risidagi ma'lumotlarga ma'lum darajada hissa qo'shishi mumkin.

II-BOB. Atmosfera havosi tarkibidagi radon miqdorini ssintillyatsion gamma-spektrometrik usulda aniqlash

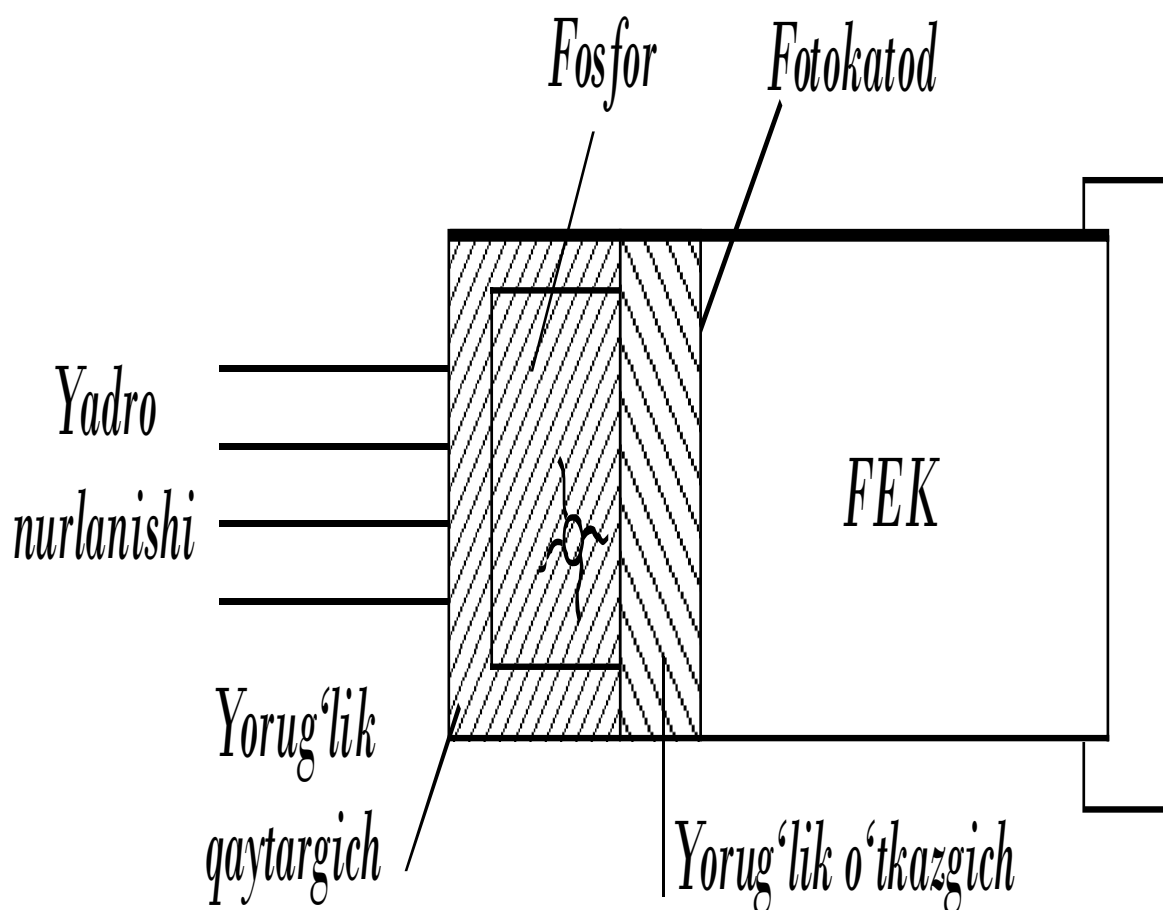
2.1. Ssintillyatsion gamma-spektrometr [13-14]

Ushbu magistrlik dissetatsiyasi ishini bajarishda atmosfera havosi tarkibidagi radon radionuklidini aniqlash uchun o'lchami 63x63 mm (balandligi va diametri 63 mm) bo'lgan NaJ(Tl) ssintillyasion detektorli kompyuterlashtirilgan gamma-spektrometrdan foydalanildi. Gamma-spektrometr-ning energiya bo'yicha ajrataolish qobiliyati Co^{60} radionuklidining 1332 KeV energiyali gamma-chizig'ida 10% ni tashkil etadi. Gamma spektrometrga ulangan kompyuterga «MAPC» dasturi kiritilgan. Gamma-spektrometrning blok sxemasi 5-rasmda keltirilgan. Quyida NaJ(Tl) kristalli ssintillyasion detektorda gamma-kvantlarning qayd qilinish jarayoni qarab chiqiladi.

Ssintillyatsion schyotchiklar

Moddaning energiya yutishi va so'ng spektrning ko'zga ko'rinadigan yoki unga yaqin sohada nurlanish chiqarishi lyuminessensiya deyiladi. Lyuminessensiya moddani isitish, yorug'lik, kimyoviy reaksiyalar, zaryadli zarralar ta'sirida hosil bo'lishi mumkin. Modda zaryadli zarrachalar yoki gamma-kvantlar tushganda hosil bo'ladigan chaqnash yorug'ligi ssintillyatsiya deyiladi. Ssintillyatorlar deb shunday moddalarga aytiladiki, bu moddalarga zaryadli zarralar, neytronlar yoki gamma-kvantlar tushganda ular spektrining ko'zga ko'rinadigan sohasida fotonlar (chaqnash yorug'ligi) yoki ultrabinafsha sohada nurlanish chiqaradi. Yadroviy nurlanishlarni qayd qilishning ssintillyatsiyaga asoslangan usuli yordamida ssintillyatsion schyotchiklar tayyorlanadi.

Ssintillyatsion schyotchik havosi so'rib olingan shisha ballon ichiga joylashtirilgan ssintillyator va fotoelektron kuchaytirgichdan (FEK) iborat. Ssintillyatsion schyotchik tuzilishi 6-rasmda keltirilgan.



6-rasm. Ssintillyatsiya schyotchikning tuzilishii.

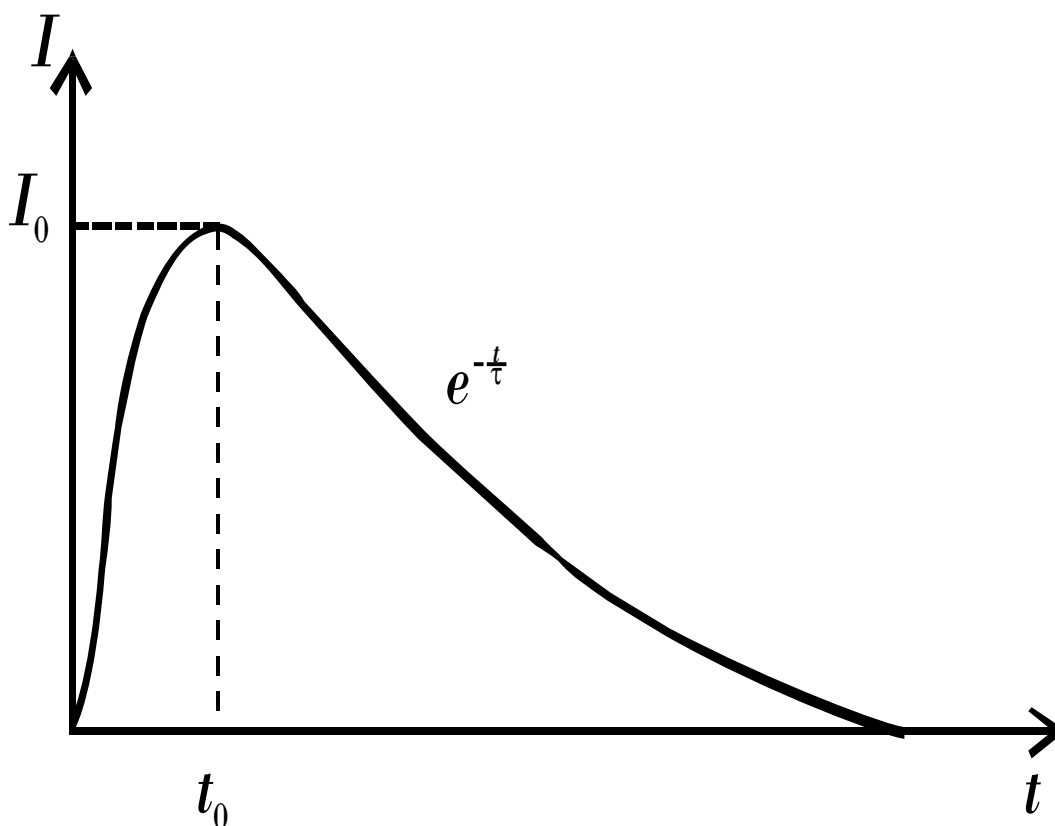
Ssintillyatsion schyotchiklarning quyidagi xossalarga ega bo'lishi tufayli keng ishlatiladi:

- 1) Nurlanishlarni qayd qilish effektivligining yuqori bo'lishi;
- 2) Vaqt bo'yicha ajrata olish qobiliyatining yuqori bo'lishi (10^{-9} - 10^{-7} s);
- 3) Zarralar va gamma-kvantlarning energiyasini bir necha foizgacha aniqlikda o'lchay olishi;
- 4) Qurilmaning nisbatan oddiyligi.

Ssintillyatsion schyotchiklarning kamchiligi energiya bo'yicha ajrata olish qobiliyatining pastligidir. Masalan, gamma-kvantlar 600 keV bo'lganda ajrata

olish qobiliyati 8-10% ni tashkil qiladi. Lekin ko'pgina ilmiy-amaliy masalalarni hal qilishda bu kamchilik ahamiyatli bo'lmaydi.

Bu usulni 1903 yilda Vilyam Kruks taklif qilgan. 1934 yilda L.A.Rubetskiy tomonidan fotoelektron kuchaytirgich (FEK) yaratildi. FEK ssintillyatsion schyotchiklarda ishlatila boshlagach ssintillyatsion schyotchiklarning afzalligi ortib ketib keng ishlatila boshladi. Ssintillyatsion schyotchiklarning sifati va qo'llanilish sohasi ko'p jihatdan unda ishlatiladigan fosfor kristalining (ssintillyator sifatida) tushgan zaryadli zarra yoki gamma-kvant energiyasini yorug'lik energiyasiga aylantira olish xususiyatiga bog'liq. Fosfor kristali yutilgan zarra energiyasining bir qismini yorug'lik energiyasiga aylantiradi. NaJ(Tl) kristalining bunday qobiliyati kuchliroq. U yutilgan energiyaning o'ndan bir qismini yorug'lik energiyasiga aylantiradi. Fosforning yorug'lik chiqarishi intensivligining vaqtga bog'liq o'zgarishi 7-rasmda keltirilgan.



7-rasm. Fosfordagi yorug'lik chiqarish intensiv-ligining vaqtga bog'liq o'zgarishi.

Fosfor kristallga zarra tushgan sari uyg'ongan atomlar yig'ila boradi. Zarra kristall ichida batamom to'xtamasdanoq atomlarning bir qismi fotonlar chiqarib asosiy holatiga qaytadi. Zarra sekinlashgan sari uyg'ongan atomlar soni va fosforning nurlanish intensivligi orta boradi. Taxminan 10^{-12} s dan so'ng yorug'lik intensivligi yuqori darajaga yetadi. Bu vaqt ichida zarra batamom to'xtaydi. Uyg'ongan atomlar sonining kamayishi yorug'lik intensivligining nisbatan sekin pasayishiga olib keladi. Bu jarayon $t > t_0$ vaqtga to'g'ri keladi. Umuman intensivlik quyidagicha ifodalanadi:

$$I = I_0 e^{-t/\tau}$$

Bunda t – ma'lum t_0 vaqtdan so'ng boshlanadigan vaqt, τ – uyg'ongan atomlarning o'rtacha yashash vaqti. U fosforning yorug'lik tarqatib bo'lish vaqti deb ataladi. τ ning qiymati qancha kichik bo'lsa, FEK da hosil bo'ladigan impuls shuncha qisqa va schyotchikning ajrata olish qobiliyati shunchalik yaxshi bo'ladi. Fosforning qayd qilish effektivligi har xil zarralar uchun har xil. Zichligi va atom nomeri katta bo'lgan fosfor gamma-kvantlarni yaxshi qayd qiladi, lekin tez neytronlar uchun yaramaydi. Ssintillyatsion schyotchiklarda ishlatiladigan fosfor kristalining xillari juda ko'p. Fosfordagi yorug'lik FEK yordamida tok impulsiga aylantiriladi.

Agar tajriba sharoitida katta hajmdagi ssintillyatorlar talab qilinsa, tiniq suyuq ssintillyatorlar ishlatiladi, masalan, neytronlarni qayd qilishda hozirgi kunda ssintillyatsiya usuli yadroviy nurlanishlarni qayd qilishda keng tarqalgan usul hisoblanadi. Ssintillyatsion detektorlarga tushayotgan yadroviy nurlanishning ssintillyator moddasi atom va molekulalarni uyg'ongan holatga o'tkazishi muhim o'rin tutadi. Uyg'ongan atomlarning asosiy holatga o'tishi elektromagnit nurlanish chiqarishi bilan yuz beradi. Elektromagnit nurlanishlar spektri ssintillyator kristali atomlarining energetik sathlariga bog'liq bo'ladi. Bir qator tiniq ssintillyatorlarda chiqariladigan nurlanish (chaqnash yorug'ligi) spektrning ko'zga ko'rinadigan sohasida yotadi. Bu nurlanishlar to'lqin uzunligi $\lambda = 1000 - 7000 \text{ \AA}$. Kristalli ssintillyatorlar keng tarqalgan. Ssintillyator moddasiga gamma-nurlar tushganda

yorug'lik chaqnashi hosil bo'ladi. Bu yorug'lik fotokatodga tushib, undan elektronlarni urib chiqaradi. Bu elektronlar FEK ning dinodlariga tushib, har bir dinoddan yana elektronlarni urib chiqaraveradi. FEK dinodlardan urib chiqarilgan elektronlar soni ko'payib elektronlar oqimini hosil qiladi va bu elektronlar anodda fokuslanadi.

Organik va noorganik ssintillyatorlarning fizik xususiyati

Noorganik ssintillyatorlarga rux sulfidi (ZnS), ftorli kalsiy (CaF_2), volframli kalsiy (CaWO_4) va kadmiylarni (CdWO_8) kiritish mumkin. Noorganik ssintillyatorlar izolyatorlar hisoblanadi. Noorganik kristallarga maxsus aralashmalar kiritilsa uning chaqnash markazi kattalashadi va xossasi yanada yaxshilanadi. Xuddi shunday kristallar sinfiga NaI(Tl) kristalini kiritish mumkin.

Noorganik kristallarda chaqnash hodisasi va uning yorqinligi ionizatsiya zachligiga bog'liq bo'ladi. 2.1-jadvalda ba'zi kristallarning fizik xossalari keltirilgan.

Ssintillyatsion kristallar xususiyatlari

1-jadval

T/r	Kristall	Zichlik	Lyuminessensiya spektridagi maksimum	τ , mks	c, ef	x_α / x_β
1	NaI(Tl)	3,67	4100	0,25	1	0,5
2	CsI(Tl)	4,51	5600	0,7	0,3	0,5
3	KI(Tl)	3,13	4100	1,0	0,2	0,6
4	LiI(Eu)	4,06	4400	1,2	0,7	1
5	ZnS(Ag)	4,09	4500	0,1-10	1	1
6	CaF_2	3,18	2500	0,2	0,15	<1
7	CaWO_4	6,10	4300	1,0	0,5	<1

Noorganik kristallar ichida NaI(Tl) kristali o'zining xossalari bilan ajralib turadi. Ayniqsa, bu kristallning ustunlik tomoni shundan iboratki, ulardan katta o'lchamda 200-300 mm qalinlikdagi kristallar tayyorlash mumkin.

CsI(Tl)-kristali ssintillyatorni ishlatish uchun juda qulay bo'lib, ulardan katta o'lchamdagi monokristallar tayyorlash mumkin. Bu kristallda chaqnash vaqti ionizatsiya zichligiga bog'liq.

CsI(Tl) va NaI(Tl) kristallari katt atom tartibiga ega bo'lib, gamma nurlarni qayd qilishda detektorning effektivligi juda yuqori bo'ladi.

Ko'pgina organik aralashmalar chaqnash hodisasini yuzaga keltirish xususiyatiga ega. Organik aralashmalar orasida uglevodorodlar alohida muhim o'rin tutadi. Organik ssintillyatorlar monokristallar ko'rinishida tayyorlanadi. Bularga misol tariqasida stilben ($C_{14}H_{12}$), antrasen ($C_{14}H_{10}$), talon va boshqalarni kiritish mumkin. Organik kristallar suyuq va qattiq ko'rinishda tayyorlanadi. Noorganik ssintillyatorlarning organik ssintillyatorlardan farqi shundaki, fotonlar chaqnashi uyg'ongan molekulalarda elektronlarning o'tishi bilan bog'liq. Organik ssintillyatorlarda chaqnash vaqti juda kichik bo'lib, u $10^{-8} - 10^{-9}$ sekundlar atrofida.

Fotoelektron kuchaytirgich

Fotoelektron kuchaytirgichlar (FEK) – elektrovakuum asboblardir. Fotoelektron kuchaytirgich yordamida kuchsiz chaqnashlarni ham qayd qilish mumkin. FEK ning asosiy qismini fotokatod, dinodlar tizimini va anod tashkil qiladi. Fotokatod, dinodlar va anod shishadan yasalgan vakuum kolbaga joylashgan bo'ladi. Fotoelektron kuchaytirgich tuzilisi 8-rasmda tasvirlangan.

Yorug'lik fotonlari fotoeffekt natijasida FEK ning katodidan elektronlar urib chiqaradi, hosil bo'lgan elektronlar dastlab birinchi, keyin ikkinchi va h.k. dinodlardan elektronlarni urib chiqargandan so'ng bir necha marotaba kuchaygan elektronlar oqimi anodga kelib tushadi va anod tokini hosil qiladi. FEK larda murakkab fotokatod ishlatilib, uning toza metallardan farqi shundaki, yorug'likning ko'rinish sohasida juda yuqori sezgirlik qobiliyatiga ega. Xuddi shuningdek, ultrabinafsha va infraqizil soha ham. Fotokatodlar odatda yarim yarqiroq ko'rinishda tayyorlanadi. Fotokatodlar effektivligi odatda konversion effektivligi, integral effektivligi va spektral sezgirligi bilan baholanadi.

FEK ning asosiy tavsiflaridan biri bo'lib, uning kuchaytirish koeffitsiyenti hisoblanadi. FEK ning kuchaytirish koeffitsiyenti quyidagi formula orqali hisoblab topiladi:

$$K = \frac{\psi}{\varphi}$$

bu yerda ψ – anod yig'indi sezgirligi; φ – fotokatod yig'indi sezgirligi.

Bir dinoddan ikkinchi dinodga elektronlar oqimining fokuslanishi dinodlarning shakliga, dinodlarga beriluvchi kuchlanishlar farqiga bog'liq. Oddiy FEK larda anod toki 10^{-9} A atrofida bo'ladi. Anodda hosil bo'luvchi tokning qiymati yorug'lik chaqnashining intensivligiga proporsional bo'lib, chaqnash vaqtiga teskari proporsionaldir.

FEK ning turg'unligi unga qo'yilgan talablardan biri hisoblanib, uning kuchaytirish koeffitsiyentiga bog'liq. Kuchaytirish koeffitsiyenti esa ichki va tashqi effektlarga bog'liq. Yuqori kuchlanish orqali FEK ga tok berilganda kuchaytirish koeffitsiyenti bir necha marotaba ortadi va asta-sekin maksimumga erishib, keyin yana dastlabki holatga qaytadi.

Kuchaytirish koeffitsiyenti ko'pgina tashqi effektlarga bog'liq bo'lib, ular temperatura, kuchlanish va magnit maydonlaridir. Magnit maydoni fotokuchaytirgichlarda ionlarning diodlarga fokuslanishiga xalaqit beradi. Xuddi shuningdek, yerning magnit maydoni ham fotokuchaytirgichning ishlash jarayoniga katta ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun ham fotokuchaytirgichlar ekranlanadi.

Fotokuchaytirgichlar to'la qorong'ulashtirilganda ham, yuqori kuchlanish berilganda ham hamma vaqt impulslar shovqini bo'ladi. Bu shovqinlar quyidagi effektlar natijasida hosil bo'ladi: fotokatod va dinodlar termoelektron emissiyasi natijasida; oqayotgan tok fluktuatsiyasi natijasida; ion va optik teskari bog'lanishda va radioaktivlik natijasida. Bunday shovqinlar past intensivlikka ega bo'lgan yorug'lik chaqnashlarini qayd qilishga xalaqit beradi.

2.2. Atmosfera havosining gamma-spektri

Atmosfera havosining radioaktivligi quyidagi faktorlar bilan belgilanadi:

a) U^{238} , Th^{232} , U^{235} tabiiy radioaktiv oilalar va ularning yemirilishidan xosil bo'ladigan xosilaviy radioaktiv izotoplar emanatsiyasi. Tuproq tarkibidagi Ra^{222} ning emanatsiyasi sifatida hosil bo'lgan radioaktiv gaz Rn^{222} tuproq kappillyarlari orqali yuqoriga ko'tarilib havoga aralashadi va havo zarralari sirtiga o'tiradi.

b) kosmosdan keladigan yuqori energiyali kosmik zarralar (n , p , ℓ va b .) havo tarkibida bo'lgan kislorod, azot kabi gaz atomlari bilan reaksiyaga kirib C^{14} , H^3 , P^{32} , Be^7 kabi kosmogen radionuklidlarni hosil qiladi. Uran, toriy oilalariga kirmaydigan K^{40} , Pb^{87} , Lu^{176} kabi radionuklidlar orasida faqat K^{40} atmosfera havosi radioaktivligiga ma'lum darajada hissa qo'shadi. Boshqalarining aktivligi kichik bo'lib, havoning radioaktivlik hissasi hisobga olmaslik darajada kichik.

Atmosfera havosining radioaktivligiga (Yer sirtidan 10-15 km balandlikkacha) asosiy hissani uran-238 radioaktiv oilasi yemirilish zanjiriga kiradigan radon-222 asosiy hissa qo'shadi. Toriy-232 radioaktiv oilning yemirilish zanjiriga tegishli toron yemirilishidan xosil bo'ladigan uzoq yashovchi vismut-210, qurg'oshin-210, poloniy-210 radioanuklidlarining va toron yemirilishidan xosil bo'lgan radioaktiv izotoplarning atmosfera radioaktivligiga qo'shgan hissasi juda kichik bo'lib, 0,001% ni tashkil etadi.

Atmosfera havosi radioaktivligiga toronning qo'shgan hissasi radonning qo'shgan hissasidan 10 marta kichikligi aniqlangan. Atmosfera havosi tarkibidagi Rn^{222} miqdorini aniqlashda havoning gamma-spektrini o'lchash talab qilinadi. Xavo tarkibida bo'lgan radioaktiv aerazollar chang zarralariga o'tirib qoladi. Xavoning gamma-spektrini o'lchashda xavodagi shu chang zarralarini, ya'ni ularga otirib qolgan radioaktiv aerazollarni ma'lum bir tanlangan kichik sirtga to'plash, quyuglatish maqsadga muvofiqdir. Radioaktiv aerazollarni quyuglatib, xavoninh gamma-spektrini o'lchash, natijalarning aniqligini oshiradi.

Ushbu magistrlik dissertatsiyasi ishini bajarishda atmosfera havosining radioaktivligi gamma-spektrometrik usulda ssintillyasion gamma-spektrometr yordamida o'lchandi. Atmosfera havosi tarkibidagi chang zarralarini radioaktiv aerazollarni quyuqlatishda maxsus filtr qog'ozlardan va chang yutgichdan foydalanildi. Havodagi radioaktiv aerazollar (chang zarralarni) quyuqlatish uchun FPA markali filtr qog'ozlardan va chang yutgich asbobdan foydalanildi.

Ushbu ishda foydalanilgan filtr qog'oz yuzasi 16 sm^2 bo'lib, chang yutgichning havoni so'rish tezligi 2 litr min. U vaqtda 16 sm^2 yuza orqali bir minutda 321 hajmdagi havo so'riladi. 25 minut vaqt davomida 800 litr hajmda havo so'rilishi mumkin. Chang yutgichga havo so'rilganda havodagi radioaktiv aerazollar filtr qog'ozda to'planadi. Shunday yo'l bilan havosagi radioaktiv aerazollar to'plangan filtr qog'ozning gamma-spektri yuqorida keltirilgan ssintillyasion gamma-spektrometrda 40 minut davomida o'lchanadi. O'lchangan spektrlar 7-10 rasmlarda keltirilgan. O'lchangan gamma-spektrda U^{238} va Th^{232} tabiiy radioaktiv oilalarga tegishli bo'lgan hamda tabiiy radioaktiv izotop K^{40} ning 1460 KeV energiyali fotocho'qqisi yaqqol hosil bo'ladi.

Chang yutgichdan chiqarib olingan filtr qog'ozning o'lchangan gamma-spektrida uran-238, toriy-232 radioaktiv oilasiga tegishli bo'lgan Pb^{214} yemirilishida chiqariladigan 295 KeV va 351 KeV energiyali gamma-nurlar hosil qilgan fotocho'qqilar, Bi^{214} yemirilishida chiqadigan 609 KeV, 1120 KeV, 1238 KeV, 1592 KeV, 1764 KeV energiyali gamma-nurlar hosil qilgan fotocho'qqilar namoyon bo'lganligini ko'rish mumkin. Spektrda toriy-232 radioaktiv oilasiga tegishli radionuklidlar fotocho'qqilari ham ko'rinadi.

Pb^{212} radionuklidi yemirilishida chiqadigan 238 KeV energiyali gamma-nurlar hosil qilgan fotocho'qqi, As^{228} yemirilishida chiqadigan 339 KeV, 911 KeV, 968 KeV energiyali gamma-nurlar hosil qilgan fotocho'qqilar, Tl^{208} yemirilishida chiqadigan 583 KeV energiyali gamma-nurlar hosil qilgan fotocho'qqilar ko'rinadi. Tekshirilayotgan xona havosining tarkibidagi aerazollar

quyuqlashtirilgan filtr qog'ozning spektri rasmda keltirilgan. O'lchashlar «Atom va yadro fizikasi» kafedrası qoshidagi Yadro fizikasi ilmiy laboratoriyasi ishchi xonasida o'tkazildi va xona havosi tarkibida radon-222 miqdori aniqlandi.

2.3. Radioaktiv muvozanat tenglamasi [1-4, 6]

Agar radioaktiv yadro yemirilsa shu yemirilgan yadro ona yadro P deyiladi. Bunday yemirilishda yadrolar soni kamayadi, bu vaqtda ona yadroning yemirilishidan hosil bo'layotgan yadrolar soni ortadi. Bunday yadrolar xosilaviy yadrolar deyiladi. Xosilaviy yadroni D bilan belgilash mumkin. Yemirilish natijasida ona yadrolarning kamayishi va xosilaviy yadrolarning ortishini quyidagi sxemada ko'rish mumkin:

Ona yadro $P \rightarrow$ xosilaviy yadro D

$t=0$ bo'lgan boshlang'ich vaqtda ona yadrolar soni N_0 bo'lsin. T vaqt o'tgandan so'ng ona yadrolar soni N bo'lsin. Xosilaviy radioaktiv yadrolar soni

$$N' = N_0 - N$$

U vaqtda P-ona yadroning yemirilishini ifodalaydigan formula quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (2.1.)$$

U vaqtda xosilaviy yadrolarning to'planishi quyidagicha ifodalanadi:

$$N' = N_0 - N = N_0(1 - e^{-\lambda t}) \quad (2.2.)$$

Xosilaviy yadroning yarim yemirilish davriga teng bo'lgan vaqt oralig'ida xosilaviy yadrolar soni ona yadrolar soniga teng bo'ladi. xosilaviy yadrolarni turg'un yadro deb hisoblab, ularning to'planishini hisoblash mumkin. Agar xosilaviy yadrolar turg'un bo'lmasa, ular o'zlari ham yemiriladi, u vaqtda

xosilaviy yadrolar soni ma'lum vaqt oralig'ida N' ortishi ham, kamayishi ham mumkin. Xosilaviy yadrolar sonining o'zgarish tezligi quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{dN}{dt} = \lambda N - \lambda' N' \quad (2.3)$$

λ va λ' -lar ona yadro va xosilaviy yadroning yemirilish doimiyliklari. λN -vakant birligi ichida ona yadroning yemirilishi natijasida xosilaviy yadrolar ko'payishini bildiradi. $\lambda' N'$ -xosilaviy yadrolar o'zlarining yemirilishi tufayli ularning kamayishini ko'rsatadi. (2.1)-formulani quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{dN'}{dt} + \lambda' N' = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t} \quad (2.4)$$

$t=0$ da $N=0$ ekanligi hisobga olinsa (2.2)-tenglamaning yechimi hosil bo'ladi:

$$N' = N_0 \left(\frac{\lambda}{\lambda' - \lambda} \right) (\ell^{-\lambda t} - \ell^{\lambda' t}) \quad (2.5)$$

Agar ona yadroning yarim yemirilish davri xosilaviy yadroning yarim yemirilish davriga nisbatan juda katta bo'lsa va yemirilish vaqti t -kichik bo'lsa, u vaqtda (2.3)-formulada $\lambda' - \lambda \approx \lambda'$ ga va eksponenta $\ell^{\lambda' t}$ ni birga teng deyish mumkin, chunki $\lambda \lambda'$ ga qaraganda juda kichik, bunda (2.3)-formuladan quyidagi ifoda xosil bo'ladi:

$$N' = N_0 \left(\frac{\lambda}{\lambda'} \right) (1 - \ell^{-\lambda t}) \quad (2.6)$$

2.4-formulada $\lambda' > \lambda$ va t -katta bo'lganda $\lambda' - \lambda \approx \lambda'$ va eksponenta $\ell^{-\lambda t}$ larni hisobga olmaslik mumkin. U vaqtda (2.5)-formula o'rnida quyidagi formula xosil bo'ladi

$$N' = N_0 \left(\frac{\lambda}{\lambda'} \right) (\ell^{-\lambda t}) \quad (2.7)$$

Ma'lum bir t – vaqtda ona yadrolarning soni $N = N_0 \ell^{-\lambda t}$ ga teng bo'lgani uchun (2.6)-formuladan N' ni quyidagicha topish mumkin:

$$N' = N\left(\frac{\lambda}{\lambda'}\right) \quad (2.8)$$

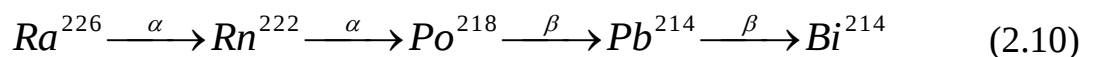
yoki bundan

$$N\lambda = N'\lambda' \quad (2.9)$$

2.8-formula radioaktiv muvozanat sharti yoki radioaktiv muvozanat tenglamasi deyiladi. Bu tenglama uzoq vaqt o'tishi bilan xosilaviy yadrolarning ko'payish tezligi ularning yemirilish tezligiga teng bo'ladi. Bunda xosilaviy yadrolar soni amalda o'zgarmay qoladi. (2.8)-formulada λ yemirilayotgan ona yadroning yemirilish doimiyligi, N -ona yadrolar soni; λ' -ona yadro yemirilishdan xosil bo'layotgan xosilaviy yadrolarning yemirilish doimiyligi, N' -ona yadro yemirilishidan xosil bo'lgan xosilaviy yadrolar soni.

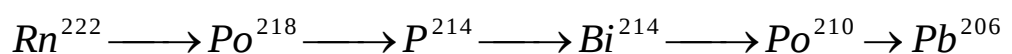
2.4. Havo tarkibidagi radon-222 ning solishtirma aktivligini hisoblash [13, 16]

Radon-222 radionuklidi uran-238 tabiiy radioaktiv oilaning yemirilish zanjiriga kiradi va shu oilaga mansub bo'lgan Ra^{226} ning yemirilishidan hosil bo'ladi, ya'ni:



Ra^{226} -radionuklidining yemirilish sxemasi 7-rasmda tasvirlangan.

Rn^{222} yarim yemirilish davri $T_{1/2} = 3,8$ kun bo'lgan radioaktiv gazdir. Shuning uchun tuproqlar, tog'u-toshlar, turli qurilish materiallaridagi Ra^{226} yemirilishidan hosil bo'lib havoga ko'tariladi, havoga aralashadi va o'z navbatida havoda yemiriladi:



Rn^{222} ning yemirilishidan Pb^{214} , Bi^{214} radioaktiv izotoplari hosil bo'ladi. Pb va Bi metallardir, ular havo tarkibidagi turli chang zarralariga o'tiradi. Lekin ular ham radioaktiv bo'lib, o'z navbatida yemiriladi.

Pb^{214} maksimal energiyasi 1,07 MeV va 0,67 MeV bo'lgan β -zarra chiqarib yemiriladi. Pb^{214} ning bunday β -yemirilishida energiyasi turlicha bo'lgan γ -nurlanish chiqariladi. Bi^{214} ham maksimal energiyasi 3,26 MeV bo'lgan β -zarra chiqarib yemiriladi. Bunday yemirilishda energiyasi turlicha bo'lgan ko'p sonidagi γ -nurlanishlar hosil bo'ladi. Ona yadro Rn^{222} va hosilaviy yadrolar Pb^{214} va Bi^{214} orasida radioaktiv muvozanat mavjud deb hisoblab, havo tarkibidagi Pb^{214} yoki Bi^{214} radionuklidlarining gamma-aktivliklarini ular chiqarayotgan gamma-nurlanishlarni gamma-spektrometr usulida o'lchab, so'ng asriy muvozanat tenglamasidan foydalanib havodagi radon-222 ning solishtirma gamma-aktivligini hisoblash mumkin. Lekin Ra^{226} , Pb^{214} , Bi^{214} radionuklidlari hosilaviy yadrolar bo'lib, Ra^{226} ning yemirilishidan hosil bo'ladi. Shuning uchun Pb^{214} yoki Bi^{214} yemirilishlarda chiqadigan gamma-nurlanishlardan kvant chiqishi eng katta bo'lgani gamma-nurlanishning spektrda hosil qilgan fotocho'qqisi orqali Ra^{226} ning gamma-aktivligini aniqlash, so'ng asriy muvozanat tenglamasi orqali radon-222 aktivligini hisoblash mumkin bo'ladi.

Ushbu ishda foydalaniladigan 63x63 NaJ(Tl) kristalli ssintillyatsion gamma-spektrometrga ulangan kompyuterga "MAPC" dasturi kiritilgan bo'lib, «MAPC» dasturi o'lchangan gamma-spektrlarda hosil bo'lgan fotopiklarni energiya bo'yicha identifikatsiya qilib, radionuklidlarni aniqlaydi va nisbiy usulda ularning solishtirma aktivliklarini hisoblaydi.

Dissertatsiya ishida kafedra qoshidagi "Yadro fizikasi" ilmiy laboratoriyasining o'lchashlar olib boriladigan xona havosi tarkibidagi radon aktivligi "MAPC" dasturi yordamida aniqlandi. Buning uchun havo tarkibidagi radon yemirilishidan hosil bo'lgan Pb^{214} , Bi^{214} radionuklidlarini quyuqlatish

maqsadida 4 dona filtr qog'oz changyutgichning chang yutadigan va 20 minut davomida havo so'rildi. So'ng filtr qog'ozlarchang yutgichdan chiqarib olinadi va Marinelli idishida detector atrofi va ustki qismiga joylashtirildi. 40 minut davomida Marinelli idishiga filtr qog'ozlar gamma-spektri ssintillyatsion gamma-spektrometrda o'lchandi. Filtr qog'ozning o'lchangan gamma-spektri 8-rasmda keltirilgan. Spekrda Bi^{214} ning yemirilishidan hosil bo'lgan 609 keV energiyali gamma-nurlanishning fotocho'qqisi, Pb^{214} ning yemirilishidan chiqadigan 295 keV, 351 keV energiyali fotocho'qqilari va toriy-232 oilasiga kiradigan Ac^{228} radionuklidining 911 keV energiyali fotocho'qqisi hamda tabiiy radioaktiv izotop K^{40} ning 1460 keV energiyali fotocho'qqilar namoyon bo'lganligi ko'rinadi. Havodagi radioaktiv aerrozollar quyuqlashtirilgan filtr qog'ozning o'lchangan spektri asosida havodagi Th^{232} , Ra^{226} , K^{40} -radionuklidlarining solishtirma aktivligi nisbiy usulda hisoblanadi. Uran-238 oilasiga tegishli bo'lgan Ra^{226} radionuklidining aktivligi uning yemirilishidan hosil bo'ladigan Pb^{214} radionuklidining 351 KeV energiyali, Th^{232} aktivligi yemirilishidan hosil bo'lgan Ac^{228} radionuklidining 911 KeV energiyali, K^{40} tabiiy radionuklidining aktivligi uning o'zining 1460 KeV energiyali fotocho'qqisi orqali hisoblanadi. Nisbiy usuldan foydalanilganda aktivlik quyidagi formula yordamida hisoblanadi.

$$A_x = A_e \frac{S_x}{S_{et} \cdot m} \quad (2.11)$$

(2.11)-formulada S_x -namunaning spektrida aniqlanayotgan element chiqargan gamma-nuri hosil qilgan fotopikning yuzasi, ya'ni shu gamma-nur qayd qilinishida sanalgan impulsar soni, S_x quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$S_x = \sum_{i=1}^n N_i - \frac{N_{boshl} - N_{oxir}}{2} \cdot n \quad (2.12)$$

$\sum_{i=1}^n N_i$ – fotopik hosil bo'lgan hamma kanallarda sanalgan impulslar sonining yig'indisi; N_{boshl} -fotopik hosil bo'lishi boshlanishidagi kanalda sanalgan impuls soni; N_{oxir} -fotopik hosil bo'lishining oxirgi kanalida sanalgan impuls soni; n -fotopik hosil bo'lgan barcha kanallar soni. S_{et} -etalon radioaktiv elementlarning spektrlarida hosil bo'lgan fotopiklarning yuzasi ham (2.12)-formula orqali hisoblanadi. A_{et} - har bir etalon radioaktiv elementning bugungi kundagi aktivligi, A_{et} quyidagicha aniqlanadi

$$A_{\text{et}} = A_0 e^{-\lambda t} \quad (2.13)$$

(2.12)-formulada A_0 -har bir etalon radioaktiv elementning tayyorlangan vaqtidagi aktivligi, ya'ni dastlabki aktivligi; A_0 ning qiymati etalon radioaktiv manba pasportida yozilgan bo'ladi; λ - har bir etalon radioaktiv element yemirilish doimiyligi bo'lib, quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0,693}{T_{1/2}} \quad (2.14)$$

t -etalon radioaktiv element tayyorlangan kundan bugungi kungacha o'tgan vaqt; A_x -namuna tarkibida aniqlanayotgan radionuklidning solishtirma gamma-aktivligi. m -tekshirilayotgan havoning massasi. (2.13) –formula $T_{1/2}$ –har bir elementning yarim yemirilish davri. Namuna va etalonlarning o'lchangan gamma spektrlarida aniqlangan har bir radionuklidning fotocho'qqilari yuzalari S_x ; S_{et} va A_{et} -larning qiymatlari hisoblangach, namunalar gamma-spektrida aniqlangan har bir radionuklidning solishtirma gamma-aktivligi hisoblanadi. Gamma-spektrida aniqlangan Pb^{214} radionuklidining 351 KeV energiyali fotocho'qqisu orqali Ra^{226} ning solishtirma gamma-aktivligi hisoblanadi, chunki Pb^{214} radionuklidi Ra^{226} ning yemirilishidan hosil bo'ladi. Th^{228} ning gamma-aktivligi, uning yemirilishidan hosil bo'ladigan Ac^{228} radionuklidining 911 KeV energiyali, K^{40} ning aktivligi

o'zining 1460 KeV energiyali fotocho'qqilari orqali hisoblanadi. Shunday qilib, filtr qog'ozning o'lchangan spektrida aniqlangan radionuklid fotopiklar yuzalari shu radionuklidning etalon radioaktiv elementi spektridagi fotopik yuzasi bilan taqqoslangan holda (2.10)-formula yordamida filtr qog'oz spektrida aniqlangan Ra^{226} , Th^{232} , K^{40} tabiiy radionuklidlar aktivligi hisoblanadi. aniqlangan Ra^{226} , Th^{232} , K^{40} radionuklidlarning aniqlangan aktivliklari 3-jadvalda keltirilgan, Bk/kg lada

3-jadval

Aktivligi o'lchangan namuna	Ra^{226}	Th^{232}	K^{40}
Havo quyuqlashtirilgan filtr qog'oz	348 (62)	<22,4	<173,6

Jadvaldan ko'rinadiki, havo tarkibida eng katta miqdorda uran-238 radioaktiv oilasi yemirilish zanjiriga tegishli bo'lgan radiy-226, toriy va kaliyga nisbatan katta miqdorda aniqlanadi. Havoda radiyning katta miqdorda aniqlanishi, uning yemirilishidan xosil bo'ladigan xosilaviy yadro radonning ham havo tarkibida katta miqdorda bo'lishini ko'rsatadi. Jadvalda keltirilgan ona yadro radiyning aktivligini bilgan holda radiy va xosilaviy yadro radon orasida radioaktiv muvozanat mavjud deb hisoblab, asriy radioaktiv muvozanat tenglamasidan foydalanib havodagi radonning solishtirma aktivligi hisoblandi.

Ra^{226} va Rn^{222} radionuklidlarining yadro-fizikaviy xossalari

4-jadval

Radio-izotop	Radioaktiv oilasi	Yarim yemirilish davri	Yemirilish turi	α -nurlanish energiyasi KeV	Kvant chiqishi nγ%	Yer qobi-g'ida o'rtacha tarqalishi
Ra^{226}	U^{238}	1620 yil	α	186	4	$9 \cdot 10^{-11}\%$
Ra B	U^{238}	26,8 min	β	241	4	
				295	19	

Ra C	U ²³⁸	19,7 min	β	351	36	
				609	47	
				768	5	
				835	3	
				1120	17	
				1238	6	
				1764	17	
				2204	5	
Rn ²²²	U ²³⁸	3,8 kun	α			$4 \cdot 10^{-11}\%$

Ona yadro Ra^{226} va uning yemirilishidan hosil bo'ladigan hosilaviy yadro Rn^{222} aktivliklari uchun radioaktiv muvozanat tenglamasini 2.3. paragrafdagi 2.8-formulaga asosan quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\lambda_{Ra} N_{Ra} = \lambda_{Rn} N_{Rn} \quad (2.15)$$

(2.15) tenglamada asriy radiy va radon orasidagi muvozanat tenglamasi bo'lib, bunda λ_{Ra} va λ_{Rn} radiy va radonning yemirilish doimiyliklari

$$\lambda_{Ra} = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0,693}{1620 \text{ yil}} = \frac{0,693}{1620 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} = \frac{0,693}{5,1 \cdot 10^{10} \text{ sek}} = 1,36 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1}$$

$$\lambda_{Rn} = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0,693}{3,8 \text{ kun}} = \frac{0,693}{3,8 \cdot 24 \cdot 3600} = \frac{0,693}{328320 \text{ sek}} = 2,1 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1} \quad (2.16)$$

N_{Ra} va N_{Rn} radiy va radon yadrolarining soni λ_{Ra} va λ_{Rn} ning hisoblangan qiymatlari (2.16) ifodada keltirilgan.

Ona yadro va hosilaviy yadrolar yarim yemirilish davrlari orasida farq katta bo'lganda hosilaviy radionuklid yadrolari soni (2.15) formula asosida quyidagicha anqilanadi:

$$N_{Rn} = N_{Ra} \frac{A_{Ra}}{\lambda_{Ra}} \quad (2.17)$$

(2.17)-tenglamadan N_{Rn} ni hisoblaymiz. Buning uchun N_{Ra} ni aniqlash kerak. N_{Ra} ni topish uchun radiy-226 ning filtr qog'oz spektrida Ra^{226} yemirilishidan hosil bo'ladigan 351 energiyali fotopik orqali aniqlangan aktivligidan foydalanamiz. Ra^{226} ning aniqlangan aktivligi $A=348$ Bk/kg ni tashkil etadi. Ra^{226} aktivligi formulasi ni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$A_{Ra} = N_{Ra} \cdot \lambda_{Ra} \quad (2.18)$$

Bundan radiy-226 yadrolarining sonini aniqlash mumkin:

$$N_{Ra} = \frac{A_{Ra}}{\lambda_{Ra}} \quad (2.19)$$

(5)-formulada λ_{Ra} -radiyning yemirilish doimiyligi Ra^{226} va Rn^{222} uchun yemirilish doimiyliklarining hisoblangan qiymatlari (6) –formulada berilgan. (2.19)-formulaga A_{Ra} va λ_{Ra} lar qiymatlari qo'lganda radiy yadrolarining soni topiladi.

$$N_{Ra} = \frac{348}{1,3 \cdot 10^{-11}} = 267 \cdot 10^{11}$$

N_{Ra} qiymatlarini bilgan holda formulaga asosan radon yadrolarining sonini aniqlash mumkin:

$$N_{Ra} = N_{Rn} \frac{\lambda_{Ra}}{\lambda_{Rn}} \quad (2.20)$$

(2.20)-formulaga son qiymatlar qo'yilganda radon-222 ning yadrolari soni hisoblanadi:

$$N_{Rn} = 267 \cdot 10^{11} \frac{1,3 \cdot 10^{-11}}{2,1 \cdot 10^6} = \frac{348}{2,1} = 165 \cdot 10^6$$

$N_{Rn}=165 \cdot 10^6$ radon yadrolarining soni.

Endi radon-222 ning aktivligini quyidagicha hisoblash mumkin:

$$A_{Rn} = \lambda_{Rn} \cdot N_{Rn}$$

Bu formulaga son qiymatlar qo'yib hisoblaganda filtr qog'ozda to'plangan radon-222 aktivligi hosil bo'ladi, ya'ni

$$A_{Rn}=2,1 \cdot 10^{-6} \cdot 165 \cdot 10^6=346 \text{ Bk/kg}$$

Bu natijadan ko'rinadiki A_{Ra} va A_{Rn} orasidagi farq ahamiyatli darajada emas.

Demak, havodagi radiyning aktivligi 348 Bk/kg bo'lganda radiyning yemirilishidan aktivligi 346 Bk/kg bo'lgan radon hosil bo'ladi. Radiyning aktivligi qancha bo'lsa, radiy yemirilishidan hosil bo'lgan radon aktivligi ham shuncha bo'ladi. Lekin eshik, deraza ochilib, xonalar shamollatilsa radon tarqalib, havo aralashib xona havosida radon kamayishi mumkin.

Endi havoda bo'lgan radonning solishtirma aktivligini topamiz. Buning uchun chang yutgich 20 minutda qancha litr havo so'rganini bilish kerak. Chang yutgichning havoni so'rish tezligi bir minutda 2 litr, ya'ni $\mathcal{Q} = 2 \text{ litr} / \text{min}$. U vaqtda chang yutgich 20 minutda 40 litr havoni so'radi. Har bir litr havodagi radon aktivligi:

$$A_{Rn} = \frac{357}{40} = 9 \cdot \frac{\text{Bk}}{\text{litr}}$$

1 litr=0,8 kg, u vaqtda aktivlikni Bk/kg birlikda hisoblash mumkin: demak, 1 kg havoda bo'lgan radon aktivligi quyidagicha:

$$A_{Rn} = \frac{9}{0,8kg} = 11 \frac{Bk}{kg}$$

20 minut davomida fltr qog'ozga so'rilga 40 litr havodagi radon aktivligi quyidagicha hisoblanadi:

$$A_{Rn} = 9 \cdot 40 = 360 \text{ Bk/l}$$

Demak, filtrga so'rilgan 40 litr havo tarkibidagi radon aktivligi 360 Bk ga teng. 40 litr so'rilgan havo $40 \cdot 0,8 = 32$ ga teng. Endi 32 kg havoda bo'lgan radon aktivligi quyidagicha aniqlanadi:

$$A_{Rn} = 32 \cdot 11 = 352 \text{ Bk}$$

Natijalar 5-jadvalda keltirilgan

Havodagi radon aktivligini hisoblashda aniqlangan kattaliklar

5-jadval

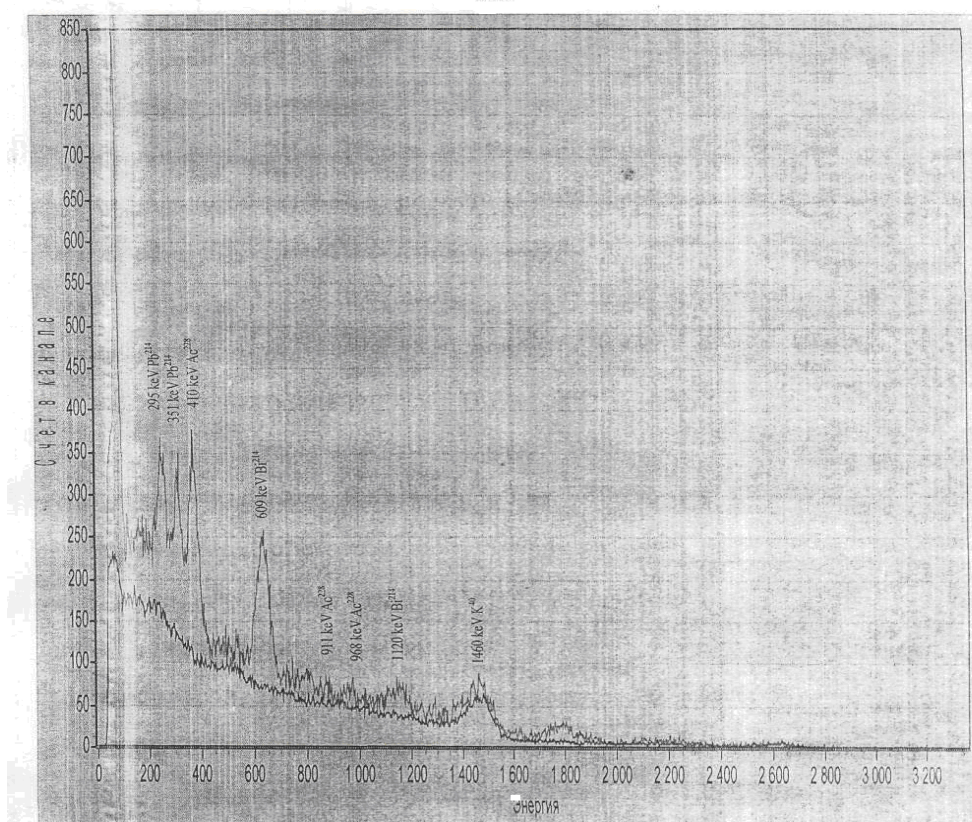
Radiyning MAPC dasturida aniqlangan aktivligi, Bk/kg	Radiy yadro- larining soni, N_{Ra}	Radon yadro- larining soni, N_{Rn}	Radonning hisoblangan aktivligi, Bk/kg	$\lambda_{Ra} = \frac{\ln 2}{T_{1/2(Ra)}}$ s^{-1}	$\lambda_{Rn} = \frac{\ln 2}{T_{1/2(Rn)}}$ s^{-1}
348 Bk/kg yoki $7,5 \cdot 10^{-9}$ Kyuri/litr	$26 \cdot 10^{12}$	$17 \cdot 10^7$	11 Bk/kg yoki $2,4 \cdot 10^{-10}$ kyuri/litr	$1,3 \cdot 10^{-11}$	$2,1 \cdot 10^{-6}$

Shunday qilib, tekshirilgan havo tarkibidagi radonning solishtirma aktivligi $A=11 \text{ Bk/kg}$ kattalikka tengligi aniqlandi.

III Bob. Natijalar tahlili

3.1. Atmosfera havosi gamma-spektrining tahlili [20, 21]

Tekshiriladigan xona havosi tarkibidagi radioaktiv aerazollar changyutgich yordamida filtr qog'ozda quyuqlashtirilib, filtr qog'ozning gamma-spektri o'lchandi (8-rasm). O'lchangan gamma-spektrda ko'ringan fotocho'qqilar energiya bo'yicha yarim yemirilish davrini, kvant chiqishini, fotocho'qqining spektrda joylashishini hisobga olgan holda identifikatsiya qilindi.



9-rasm. Havodagi radioaktiv izotoplar quyuqlashtirilgan filtr qog'ozning gamma-spektri.

Identifikatsiya natijasida xona havosining o'lchangan spektrda quyidagi radionuklidlar aniqlandi:

- U^{238} tabiiy radioaktiv oilasining yemirilish zanjiriga kiradigan Ra^{226} ning yemirilishidan hosil bo'ladigan Pb^{214} radionuklidining 295 KeV, 351 KeV energiyali fotocho'qqilari;

- Bi^{214} radionuklidining 609 KeV, 1120 KeV, 1764 KeV energiyali fotocho'qqilari yaqqol namoyon bo'ldi.

- Th^{232} tabiiy radioaktiv oilasining yemirilish zanjiriga kiradigan Ac^{228} radionuklidining 410 KeV, 911 KeV, 969 KeV energiyali fotocho'qqilari aniqlandi.

- Radioaktiv oilalarga kirmaydigan tabiiy radioaktiv izotop K^{40} ning 1460 KeV energiyali fotocho'qqisi yaqqol namoyon bo'ldi.

Tekshirilgan xona havosi tarkibidagi radiy-226 ning solishtirma aktivligi, uning yemirilishidan hosil bo'ladigan kvant chiqishi eng katta bo'lgan ($n_j=47\%$) 609 KeV energiyali fotocho'qqi orqali aniqlandi. Ona yadro radiy-226 ning aktivligini bilgan holda radiy va uning yemirilishidan hosil bo'lgan xosilaviy yadro radon orasida asriy radioaktiv muvozanat mavjud deb hisoblab, radonning aktivligi radioaktiv muvozanat tenglamasidan foydalanib hisoblandi.

3.2. Havo tarkibidagi radon miqdorini aniqlash natijalarining tahlili [6-9, 11-12, 17-18]

Tekshirilgan xona havosi tarkibidagi radon-222 aktivligini aniqlashda (2.3), (2.5), (2.6), (2.7)-formulalar orqali hisoblangan kattaliklar qiymatlari va radiy aktivligining MAPC dasturida o'lchangan.

Radiy yadrolarining sonining (N_{Ra}) kichikligi radiyning yarim yemirilish davri katta ($T_{1/2(Ra)}=1620$ yil) bo'lganligi uchun radiyning sekin yemirilishini ko'rsatadi. Radonning yarim yemirilish davri kichik bo'lganligi sababli radon tez

yemiriladi, bunda radon yadrolarining soni ham katta bo'lishi kerak. Atmosfera havosi tarkibidagi radon miqdori doimiy kattalik emas. Radon miqdori asosan qanday joydagi havo ekanligiga bog'liq. Radon miqdori turli joylarda har xil qiymatda aniqlanishi mumkin. Ochiq havoda radon miqdori kichikroq, yopiq binolarda radonning katta miqdori aniqlandi. Ochiq keng havoda radon shamollar, havo almashinishi tufayli tarqaladi. Xonalarning deraza, eshiklari yopiq, shamollatilmagan xollarda xona havosida radon tuplanadi. Xona havosidagi radon xonaning qurilish materiallari tarkibida tabiiy holda tarqalgan Ra^{226} ning yemirilishida hosil bo'lib, yuqoriga ko'tariladi va xona havosiga aralashadi. Xona shamollatilmaganda havoda radon miqdori to'planib, ortib boradi.

Uran, radiy, toriy kabi tabiiy radioaktiv izotoplar suvlar tarkibida ham aniqlanadi. Shuning uchun suvlar tarkibida ozmi-ko'pmi miqdorda radon ham aniqlanadi. Radon ayniqsa chuqur quduqlar, artizan quduqlari suvlarida katta miqdorda aniqlanadi. Suvlarda radon miqdori 100000 Bk/m^3 gacha aniqlangan. Lekin ichimlik suvlarida radon miqdori kichik bo'lib, suvlar qaynatilganda ma'lum miqdordagi radon suv bug'i bilan aralashib bug'lanib ketadi. Qaynatilmagan suvlarda radon kattaroq miqdorda aniqlanadi. Yuvinadigan vannaxonalarda dushdan suv tushganda vannaxona havosida radon miqdori ortib ketganligi aniqlangan. Atmosfera havosi, suvlar tarkibidagi radon miqdorini aniqlash borasida turli mamlakatlar (Shvetsiya, Finlandiya, AQSh, Italiya, Fransiya va h.k.) olimlari tomonidan tadqiqotlar olib borilgan, turli usullar ishlab chiqilgan, natijalar olingan.

Ushbu magistrlik dissertatsiya ishida havodagi radon miqdori ssintillyasion gamma-spektrometrik usul yordamida aniqlandi. Olingan natijalar radonning adabiyotlarda keltirilgan o'rtacha miqdori chegarasida [11].

Radioaktiv muvozanat qonuni (2) tenglamaga asosan ona yadro radiyning aktivligi, radiy yemirilishidan hosil bo'lgan radonning aktivligiga teng bo'lishi kerak. Lekin hisoblashlardan olingan natijalar (2) tenglamaning buzilishini

ko'rsatadi. Bu esa radiy va radon orasida radioaktiv muvozanat buzilganligini bildiradi. Uran oilasiga tegishli bo'lgan radioaktiv izotoplar orasida radioaktiv muvozanat buzilishi 15% bo'lishi aniqlangan.

Ko'pgina olimlar tomonidan tabiatdagi tabiiy nurlanishlar manbalari orasida eng asosiysi radon ekanligi ko'rsatilgan. Ko'pgina olimlar tomonidan tabiatdagi nurlanishlarning tabiiy manbalari orasida eng asosiysi radon-222 ekanligi ko'rsatildi. Radon rangsiz, hidsiz, ta'msiz ko'rinmaydigan og'ir radioaktiv gaz (havodan 7,5 marta og'ir). BMTning atom nurlanishlari ta'sirini qaraydigan ilmiy komiteti (NKDAR) ko'rsatishicha aholining tabiiy nurlanish manbalaridan bir yilda oladigan nurlanishlar dozasiining taqriban $\frac{3}{4}$ qismini radon va uning yemirilishidan hosil bo'ladigan radioaktiv izotoplar yemirilishidagi radioaktiv nurlanishlar tashkil qiladi. Kishilar bu nurlanishlarning asosiy qismini nafas olish orqali organizmga o'tgan radionuklidlardan oladi. Toriy-232 tabiiy radioaktiv oilasi yemirilish zanjiriga radon-220 radioaktiv gaz kiradi. Lekin radon-220 biosferaning umumiy radioaktiv nurlanishlari dozasiiga qo'shgan hisssasi radon-222 ga nisbatan taqriban 20 marta kichikligi aniqlangan bo'lib, ta'siri kuchsiz.

Umuman olganda kishilar radon-222dan oladigan nurlanishning katta qismini radonning o'zidan emas, balki uning yemirilishidan hosil bo'ladigan xosilaviy radionuklidlar yemirilishidagi nurlanishlardan oladi. Ayniqsa, shamollatilmagan xonalarda radon va uning xosilaviy radionuklidlari katta miqdorda tuplanadi. Shamollatilmagan xonalar havosidagi radon miqdori tashqi havodagi radon miqdoriga nisbatan taqriban 8 marta ortiq bo'lishi kuzatilgan. Xonani ko'rishda foydalanilgan qurilish materiallari tarkibida bo'lgan tabiiy radioaktiv elementlar Ra^{226} ning yemirilish mahsuli radioaktiv gaz Ra^{222} havoga ko'tariladi, havoda yemiriladi, yemirilishdan havo tarkibida Po^{218} , Pb^{214} , Bi^{214} kabi radioaktiv izotoplar qattiq holda bo'ladi. ular havo tarkibida doim bo'ladigan turli chang, tuman, dut zarralariga o'tirib qoladi va xona havosi radioaktivligiga o'z hissasini qo'shadi.

Shunday qilib, yuqorida keltirilgan ma'lumotlardan shunday xulosa qilish mumkinki, kishilar yashashi, ishlashi rejalashtirilgan xonalarga kirishdan oldin xonaning radiatsion xarakteristikalarini aniqlash juda muhimdir.

Ushbu magistrlik dissertatsiyasi ishini bajarish natijalaridan quyidagicha xulosalar qilish mumkin.

XULOSALAR:

1. Radioaktiv gaz radon-222 to'g'risida nazariy ma'lumotlar o'rganildi.
2. Atmosfera havosi tarkibida bo'lishi mumkin bo'lgan radon miqdorini aniqlashning ssintillyatsion gamma-spektrometrik usuli o'zlashtirildi.
3. Havodagi radon aktivligini hisoblashda radiyning solishtirma aktivligini gamma-spektrometrik usulda aniqlagan holda radiy va radon orasida radioaktiv muvozanat mavjud deb hisoblab, asriy muvozanat tenglamasidan foydalanildi.
4. Tekshirilgan xona havosi tarkibida aniqlangan radonning solishtirma aktivligi $A_{Rn}=11,1 \text{ Bk/kg}$ ni yoki $A_{Rn}=2,4 \cdot 10^{-10} \text{ Kyuri/litr}$ ni tashkil qildi.
5. Xona havosi tarkibidagi radonning aniqlangan aktivligi radonning turli mamlakatlar olimlari tomonidan aniqlangan qiymatlar oralig'ida.
6. Aniqlangan radon aktivligi radonning xavfsiz deb belgilangan chegaraviy aktivligidan yuqori emas.
7. Bu mavzudagi ishlarni davom ettirish, havodagi radon miqdorini muntazam ravishda nazorat qilib turish kishilarning radiatsion xavfsizligini ta'minlashda muhim deb hisoblayman.

ADABIYOTLAR

1. Bekjonov R. Atom yadrosi va elementar zarralar fizikasi. Toshkent. 1995.
2. Muminov T.M., Xushmurodov Sh.X., Xoliqulov A.B. Yadro va elemntar zarralar fizikasi. Toshkent. 2009.
3. Ракобольская А. Ядерная физика. М.1978.
4. Акоста В. Основы современной физики. М. 1981.
5. Ahmedova G., Omanov Sh., Xushmurodov Sh.X. Radiofaol nuklidlar va ularning qo'llanishi. Samarqand. SamDU nashriyoti 2002.
6. Сердюкова А.С., Капитанов Ю.Т. Изотопы радона и короткоживущие продукты их распада в природе. М. 1968.
7. Радиация, дозы, эффекты, риск, издательство «Мир». Москва: 1988.
8. Никифаров В.С., Овченков В.Я. Определение концентрации радона в убежищах порах некоторых землероющих животных. В.сб: Радиоэкологические исследования в природных биогеоценозах. Изд. «Наука», Москва. 1972.
9. Axmedov T., Xushmurodov Sh.X., Nosirov A.Sh. Atmosfera havosi va suvlar tarkibidagi radon-222 miqdorini aniqlash. "Analitik kimyo va ekologiya ning dolzarb muammolari" ilmiy konferensiya materiallari. SamDU, 2006.
10. Заводски Д. Концентрация радона в приземном слое атмосферы в Братислове. (Чехославакия). В сб: Радиоактивность атмосферы, труды, выпуск 17, Москва. 1970.
11. Сауков А. Радиоактивные элементы Земли. М. 1961.
12. Перцов Л.А. Ионизирующие излучения биосферы. М. 1973.
13. Абрамов. Основы экспериментальной ядерной физики. М. 1986.
14. Salixbayev U.S., Hazratov T., Xushmurodov Sh.X., Xoliqulov A.B. Yadro fizikasidan laboratoriya ishlari. SamDU. 2000.

15. Муминов И.Т., Ахмедова Г., Носиров М., Сафаров А.Н., Холиқулов А.Б., Хушмуродов Ш.Х. Естественные и искусственные радионуклиды в почвах и донных отложениях Каратюбинских гор. Ҳозирги замон физикасининг долзарб муаммолари. V Республика илмий-назарий конференция материаллари, Термиз, 2010.
16. Максимов М.Т., Оджагов Г.О. Радиоактивные загрязнения и их измерение. М. Энергоиздат. 1989.
17. Axmedova G., Bozorov M., Mamatqulov O.B., To'rayev E.S., Hazratov T. Radioekologik muammolar. O'zbekistonda ta'lim tizimida o'zaro hamkorlik sifati va samaradorligini oshirishning nazariy-amaliy muammolari. Ikkinchi ilmiy-amaliy konferansiya materiallari, 1-qism, Samarqand-2010.
18. Ахмедова Г., Хушмуродов Ш.Х., Оманов Ш. Определение концентрации радона в атмосферном воздухе. Fizika va tabiiy biologik fanlarning dolzarb muammolari. Ilmiy-amaliy anjuman materiallari. Samarqand 2005.
19. Вяльцев Д.Н., Кривомазов А.Н., Трифонов Д.Н. Правило сдвига и явление изотопии. М. Атомиздат, 1986.
20. Хазанов А.А. Избирательная адиометрия. М. Атомиздат 1992.
21. Вылов Ц., Горожонкин В.М. и др. Спектры излучений радиоактивных нуклидов. Изд-во. «ФАН» УзССР, 1980. Ташкент.