

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

**ALISHER NAVOIY NOMIDAGI
SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI**

Qo'lyozma huquqida

UDK 621.384.653

TOSHPULATOV HABIBULLO HALIMOVICH

**YADRO FIZIK USUL YORDAMIDA SUV TARKIBIDAGI RADIOAKTIV
ELEMENTLARNI 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»

kafedrası mudiri:

prof.R.M.Ibadov _____

SAMARQAND-2013

M U N D A R I J A

Kirish	3
I BOB. Radioaktivlik hodisasi	
1.1. Radioaktivlik hodisasining ochilishi	7
1.2. Radioaktiv elementlar haqida ma'lumot	13
1.3. Tabiatda suvlar va ularning radioaktivligi	22
1.4. Radioaktiv nurlanishlar, ularning biologik ta'siri	31
1.5. Radioaktivligi o'rganiladigan namunalar tavsifi	36
1.6 Radon-222 va uning xususiyatlari	39
II BOB. Suvlar radioaktivligini ssintilyasion gamma-spektrometrik usulda tajribada aniqlash	
2.1. Radiy va radon orasidagi radioaktiv muvozanat	45
2.2. Namunalarni o'lchashga tayyorlash	46
2.3. Ssintillyatsion gamma-spektrometr	48
2.4. Tekshirilgan suvlar namunalarining gamma-spektrlari	59
2.5. Tekshirilgan suvlarning gamma-spektrlarida aniqlangan radionuklidlar aktivligi hisoblash va natijalar	66
III-Bob. Olingan natijalar tahlili	
3.1 Tekshirilgan suvlar gamma-spektrlarining tahlili	69
3.2. Tekshirilgan suvlarda radon aktivligini aniqlash natijalarining tahlili	70
XULOSA	74
ADABIYOTLAR	75

KIRISH

Yer yuzi aholisini katta tashvishga solayotgan ekologik muammolardan biri atrof-muhitning turli xil, jumladan radioaktiv ifloslanishidir. Tabiatni muhofaza qilish, inson salomatligi uchun normal, ekologik toza sharoitlarni ta'minlash bugungu kunda ta'lim tizimining oldida turgan dolzarb muammolardan biridir. O'zbekiston Respublikasi Konstitutsiyasi va ko'plab qonunlarida tabiatni muhofaza qilish, yer osti va yer usti suvlarini turli xil ifloslanishlardan saqlash, uni nazorat qilib borish asosiy masala qilib qo'yilgan. [1]

O'zbekiston Respublikasi aholini va atrof-muhitni radioaktiv nurlanishlarning zararli ta'sirlardan himoya qilish maqsadida 2000-yil avgust oyida radiatsion xavfsizlik to'g'risida qonun qabul qildi. Qonunda radiatsion xavfsizlikni ta'minlash masalasi qaraldi, radiatsion xavfsizlikni ta'minlash radioaktiv nurlanishlarning hosil bo'lish mexanizmini va uning tiriklik olamiga ta'sirini chuqur o'rganilishini talab qiladi.

Mavzuning dolzarbligi. Yer qobig'ida oila boshliqlari U^{238} , Th^{232} , U^{235} (AcU) bo'lgan uchta radioaktiv oila mavjud bo'lib, ularning yemirilishidan hosil bo'ladigan (Ra^{226} , Rn^{222} , Pb^{214} , Pb^{212} , Bi^{214} , Po^{210} , Ac^{228} , Tl^{208} va boshqa) radioaktiv izotoplar atrof-muhit namunalarida keng tarqalgan. O'z navbatida ular ham yemirilib oilaning yemirilish zanjirini hosil qiladi. Radioaktiv yadrolarning yemirilishidan turli energiyadagi radioaktiv nurlanishlar ajraladi, bu nurlanishlar biosferadagi nurlanishlarga salmoqli hissa qo'shadi. Bundan tashqari elementlar davriy sistemasidagi ko'pgina kimyoviy elementlarning radioaktiv izotoplari (K^{40} , Rb^{87} , Lu^{176} , J^{115} , La^{138} va boshqa) aniqlangan. Ular orasida K^{40} ahamiyatga ega bo'lib, biosferadagi nurlanishlarga o'z hissasini qo'shadi,

Tabiiy radioaktiv izotoplarning tarqalishi turli hududlarda hududning geografik joyiga (tekisliklar, ishlov berilgan yerlar, tog'li rayonlar, turli rudalar

chiradigan konlar va boshqa) bog'liq ravishda turlicha. Shuning uchun radioaktiv izotoplar miqdori turli hudud namunalarida, hududlar orqali oqib o'tadigan suvlarda turlicha miqdorda aniqlanadi, radioaktiv izotoplar kishilar organizmiga havo, suv, iste'mol mahsulotlari kishilar biologik zanjiri orqali o'tadi va kishilarni ichkaridan nurlantiradigan ichki nurlanish manbai bo'lib qoladi. Radionuklidlarning organizmda chiqarilishi, radionuklidlarning fizikaviy-kimyoviy xossalriga, yarim yemirilish davrlariga bog'liq bo'lib, to'liq chiqarilmasdan organizmdagi turli organlarda (suyakda, mushaklarda, o'pkada va boshqa) to'planadi. Kishilar organizmiga o'tgan radioaktiv izotoplarning xavfsiz deb belgilangan chegaraviy miqdoridan (PDKdan) ortib ketishi kishilarning ortiqcha nurlanish olishiga olib keladi. Ortiqcha nurlanish esa sog'lom xujayralar atomlarini ionlashtirib, xujayralarni yemiradi, qon tarkibini o'zgartiradi, xayot uchun xavfli bo'lgan turli patalogik jarayonlar (saraton, nasl kasalligi, pushtsizlik, teri, qon kasalliklari) kelib chiqishiga sabab bo'lishi aniqlangan. Shuning uchun ham atrof-muhit namunalarining tarkibidagi radionuklidlar miqdorini, o'zgarishini, migratsiyasini nazorat qilish, radionuklidlarning to'planishini kamaytirish chora-tadbirlarini izlash kishilarning radiatsion xavfsizligini ta'minlashda tabiiy fanlar oldida turgan dolzarb muammolardan biri hisoblanadi.

Dissertatsiya ishining maqsadi. Dissertatsiya ishini bajarishda qo'yilgan asosiy maqsad tabiat namunalarining radioaktivligini o'rganishning ssintillyatsion gamma-spektrometrik usulini o'rganish va shu usul yordamida ichimlik suvlarining (Samarqand tumani va Qashqadaryo viloyati Kitob tumani quduq suvi, Jomboy tumani ko'li, Zarafshon daryosi suvi) radionukligini aniqlash va olingan natijalarni tahlil qilishdan iborat.

Dissertatsiya ishini bajarishda qo'yilgan vazifalar. Tabiat namunalarining radioaktivligini o'lchashning gamma-spektrometrik usulini, gamma-spektrlarni o'lchash, tahlil qilish jarayonlarini o'rganish.

- Dissertatsiya ishini bajarishda foydalaniladigan ssintillyatsion gamma-spektrometr tuzilishini, xarakteristikalarini o'rganish.

- Dissertatsiya ishining mavzusi bo'yicha mavjud bo'lgan adabiyotlar va internetdagi ma'lumotlar bilan tanishib chiqish va o'rganish.
- Eksperimental tadqiqotlar o'tkazish uchun suv namunalarini tanlash.
- Namunalar gamma-spektrlarini o'lchash, tahlil qilish, suvlar tarkibida aniqlangan radionuklidlar solishtirma aktivligini hisoblash, xulosalar qilish.

Ilmiy yangiligi. Tabiat namunalarining radioaktivligi past bo'lganligi sababli uni o'lchash, mavjud bo'lgan usullarni maqsadga muvofiq takomillashtirishni talab qiladi. Shunga ko'ra ushbu ishda kichik aktivliklarni o'lchashning optimal variantlari ishlab chiqildi. Turli suv manbalaridan (daryo, ko'l, yer osti suvlari, artezion suvi) olingan suvlarning bugungi kundagi radioaktivligi darajasi o'rganildi va taqqoslandi. Tekshirilgan suv namunalarining radioaktivligi, darajasi to'g'risida olingan natijalar aynan bugungi kundagi yangi natijalar bo'lib, suvlar radioaktivligi to'g'risidagi ekologik ma'lumotlarga o'z xissasini qo'shadi.

Muaomoning ishlab chiqilish darajasi. NaJ(Tl) ssintillyatsion gamma-spektrometrik usul yordamida tekshirilgan suvlar tarkibida aniqlangan Ra^{222} tabiiy radioanuklidlarning solishtirma gamma-aktivliklari hisoblandi. Olingan ma'lumotlar asosida suvlarning radioaktivlik darajasi baholandi. Aniqlangan radionuklidlar miqdori ularning xavfsiz deb belgilangan chegaraviy miqdori bilan taqqoslandi va tegishli xulosalar qilindi.

Tadqiqot ob'ekti Samarqand tumani va Qashqadaryo viloyati Kitob tumani quduq suvlari, Jomboy tumani ko'li, Zarafshon daryosi suvlari tanlandi.

Tadqiqot predmeti. Suvlar namunalarining gamma-spektrlari SamDU Atom va yadro fizikasi kafedrasida qoshidagi «Yadro fizikasi» ilmiy laboratoriyasida NaJ(Tl) ssintillyatsion gamma-spektrometrdagi amalga oshirildi.

Ishning ilmiy-amaliy ahamiyati. Radioaktiv izotoplar tibbiyotda, kimyo, metallurgiya sanoatlarida, yadro geofizikasida, qishloq xo'jaligida, ilmiy-tadqiqot ishlarida, neft sanoatida, suv transportida, qurilish ishlarida, harbiy maqsadlarda va boshqalarda ishlatilib kelinmoqda. Radioaktiv izotoplarning bunday keng ishlatilishi, radioaktiv chiqindilar paydo bo'lishiga va ularning turli ob-havo

sharoitida atrofga tarqalib atrof-muhit namunalarining radioaktiv ifloslanishiga olib kelishi aniqlanmoqda. Bundan tashqari turli mamlakatlarda o'tkazilgan yadro sinovlaridan hosil bo'ladigan texnogen radionuklidlar ham atrof-muhit namunalarining sezilarli darajada ifloslanishiga olib keladi. Bunday jarayonlarning barchasi biosferada kishilar iste'mol qiladigan oziq-ovqat, suv, havo va boshqa tabiat namunalarida sun'iy radionuklidlarning paydo bo'lishiga, kishilar hayot-faoliyati kechadigan biosferadagi radioaktiv fonning ortishiga olib keladi. Bunday hol kishilarning ortiqcha nurlanishiga sabab bo'lishi mumkin. Shunga ko'ra atrof-muhit namunalarining jumladan suvlarning radioekologik holatini sezgirligi yuqori bo'lgan yadro-fizikaviy usullar yordamida tadqiq qilish, ularning radioaktiv ifloslanish darajasi to'g'risida kerakli ma'lumotlarga ega bo'lish, radioaktiv ifloslanish ortib ketgan hududlar aniqlanganda aholini ogohlantirish, himoya choralarini tayyorlash ekologik nuqtai-nazardan muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

Dissertatsiya ishining strukturasi. Bajarilgan ushbu magistrlik dissertatsiyasi ishi kirish, uch bob, 7 ta jadval, 13 ta rasm, xulosalar va foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatidan iborat. Ishning hajmi kompyuterda terilgan 75 sahifani tashkil etadi.

I BOB. RADIOAKTIVLIK HODISASI

1.1. Radioaktivlik hodisasining ochilishi [2-5,8]

Radioaktivlik – elementlar yadrolarining hech qanday tashqi ta'sirsiz o'z-o'zidan elementar zarralar yoki yengil yadrolar (nurlanishlar) chiqarib boshqa element yadrosiga aylanish xususiyatidir. Yadrolarning boshqa yadrolarga aylanishi radioaktiv yemirilish deyiladi. Bunday hodisa esa radioaktivlik hodisasi deyiladi. 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 qonunlari radioaktiv izotopining qanday kelib chiqishiga bog'liq emas.

«Radioaktivlik» so'zi lotincha «radio» so'zidan kelib chiqqan bo'lib, nurlanish demakdir. Mariya Kyuri elementlarning nurlanishini «Tabiat radioaktivligi» nurlanuvchi elementlarning o'zini esa «radioaktiv elementlar» deb atadi. Radiy elementi ayniqsa nurlanishning aktiv manbai bo'lib chiqdi. Shu sababli bu element radiy nomini oldi. Radioaktiv yadrolarning parchalanishida hosil bo'ladigan yangi yadrolar kimyoviy xossalari jihatidan dastlabki yadrodan farq qiladi. Radioaktiv izotoplarning yadrolarida ortiqcha neytron va protonlar bo'ladi. Bunday yadrolar o'z tarkibini mustaqil ravishda o'zgartirib, yemirilib turg'un holatga o'tadi.

1896 yilda Fransiyalik olim Andri Bekkerel uran elementining radioaktivlik xossasini aniqladi. Bu bilan Bekkerel birinchi bo'lib radioaktivlik hodisasini kashf qildi. Bekkerel qora qog'ozga o'ralgan uran tuzini fotoplastinka ustiga qo'ydi. Bir necha kun quyosh bo'lmadi. Uran tuzlari joylashtirilgan fotoplastinka bir qorong'i yashikda qoldi. Bir necha kundan so'ng fotoplastinka ochilganda fotoplastinkaning qorayishi kuzatildigan. Bundan esa uran tuzlari o'zi qandaydir nurlar chiqarishi aniqlandi. Radioaktivlik hodisasi ustida boshqa olimlar ham ishlay boshladilar. 1898 yilda Mariya va Pyer Kyurilar poloniy, toriy elementlarini 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. 1898 yilda Rezerford bunday elementlarning chiqarayotgan nurlanishlarini magnit maydonda og'ishini kashf qildi. Rezerford magnit maydonda nurlanishlar dastasining ajralishini va biri bir tomonga, ikkinchisi qarama-qarshi tomonga og'ishini kuzatdi. Bir tomonga og'gan nurlanishlar alfa nurlanishlar, qarama-qarshi tomonga og'gan nurlanishlar β (beta)-nurlanishlar deb ataldi. Keyinchalik olim Paul gamma-nurlanishlarini kashf qildi va bu nurlanishlar magnit maydonda og'maydigan qisqa to'lqinli elektomagnit nurlanishlar ekanligini aniqladi. 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, temperature, 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. 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 –parchalanish va β – parchalanish deyiladi. Shuningdek, og'ir yadrolarning ($A=240$) o'z holicha 2 ta o'rtacha yadroga ($A=120$) bo'linishi ham tabiiy radioaktivlikdir.

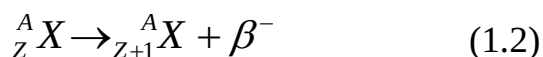
Elementlarning ba'zilar o'z-o'zidan juda sekin yemiriladi. Bunday radioaktiv elementlar o'lchash mumkin bo'lgan miqdorda tabiatda hozir ham uchray turadi.

Parchalanish 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 bordin, 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.

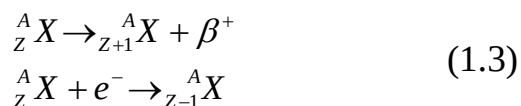
Radioaktiv parchalanishlar natijasida izotoplarning o'zgarishlari Fayans va Soddi tomonidan 1913 yilda yaratilgan siljish qoidalariga muvofiq yuz beradi. Bu qoidalarni quyidagicha yozish mumkin:



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 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 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 -parchalanish natijasida o'zgaradi. Shuning uchun istalgan oiladagi izotoplarning massa sonlari bir xil formula bilan ifodalanadi:

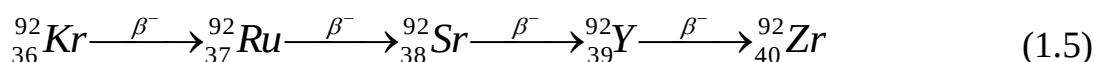
$$A = 4n + c, \quad (1.4)$$

bu yerda n va c – butun sonlar.

Uran oilasi uchun $c=2$; n esa, $51 \leq n < 59$; oraliqda aktinouran oilasi uchun $c=3$; $51 \leq n < 58$ va toriy oilasi uchun $c=0$; $51 \leq n < 58$. $c=1$ bo'lgan tabiiy radioaktiv oilani qidirishlar natija bermadi. U 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 teng. Radioaktiv oilalarga kirmaydigan, lekin tabiatda uchraydigan radio-izotoplarning eng ko'p tarqalganlari ^{40}K ($T=4,5 \cdot 10^8$ yil), ^{87}Rb ($T=6,0 \cdot 10^{10}$ yil), ^{152}Sm ($T=2,5 \cdot 10^{11}$ yil) va boshqalardir. Tartib nomeri $z \geq 81$ (Tl elementdan boshlab) bo'lgan izotoplar radioaktiv oilalarga birlashgan. Hozir izotoplar orasidagi gigiyenik aloqa ancha qat'iy aniqlangan.

Ba'zi bir xususiyatlarning umumiyligi uchala radioaktiv oilalarni o'zaro yaqinlashtiradi. Birinchidan, har bir oila yarim parchalanish davri Yerning yoshiga yaqin bo'lgan izotopdan boshlanadi. Ikkinchidan, har bir oilada radon (Rn) elementining izotopi bo'lgan inert gaz hosil bo'ladi. Uchinchidan, izotoplarning har bir oiladagi o'zgarishlari qo'rg'oshinning barqaror izotopi bilan tugallanadi va nihoyat, har bir oilaning ichida massa sonlari (1.8) formulaga bo'ysunadi.

Sun'iy yo'l bilan olingan ${}^{237}_{93}\text{Np}$ ($4n+1$) oilasidagi o'zgarishlarning oxirgi mahsuloti ${}^{209}\text{Bi}$ –vismut turg'un izotopidir. Ketma-ket o'zgarish zanjirlari odatda hodisadir. Ular bir qator og'ir yadrolarning bo'linishidan hosil bo'lgan mahsulotlarda ham bo'ladi. Ayni zamonda protonlar soniga nisbatan ortiqroq neytronlarga ega bo'lgan yadrolarda β -zarra chiqish uchun zarur bo'lgan sharoitlar vujudga keladi. Misol tariqasida



qatorni keltirish mumkin.

Radioaktiv oilalarning yemirilish zanjiri 1.4-rasmda keltirilgan.

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:

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt \quad (1.6)$$

(1.6) 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:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad (1.7)$$

Bu qonun juda ko'pchilik radioaktiv izotoplar uchun o'rinlidir. (1.7) 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:

$$\frac{1}{2} = \frac{N(T)}{N_0} = e^{-\lambda t}, \text{ bunda } T = \frac{0,693}{\lambda} \quad (1.8)$$

$\frac{1}{\lambda}$ nisbat τ deb belgilanadi va radioaktiv izotoplarning o'rtacha yashash vaqtini ko'rsatadi. Binobarin, $T = 0,693\tau$. (1.6) tenglamadan o'lchash vaqtida radioaktiv yadrolarning soni N sezilarli darajada o'zgarmaydigan, katta qiymatdagi yarim yemirilish davrini (ya'ni $dt \ll T$ bo'lganda) aniqlashda foydalanish mumkin. Agar radioaktiv moddaning miqdori ma'lum bo'lsa, u holda dt vaqt ichidagi yemirilish sonini o'lchab, T ni aniqlash qiyin emas. Masalan, 1 g radiy ($A=226$) 1 sek da $3,7 \cdot 10^{10}$ ta α zarra chiqaradi, bunda radiy uchun $T_{1/2}$ quyidagicha hisoblanadi:

$$T_{1/2} = 0,69 N dt / dN \approx 1600 \text{ yil}$$

1.2. Radioaktiv elementlar haqida ma'lumot [2-5,7,9-10,12,16]

1. Tabiiy radioaktiv izotoplar

Tabiatda mavjud bo'lgan tabiiy radioaktiv izotoplarni ikki guruhga ajratib uranish mumkin

1. Tabiatda uchta tabiiy radioaktiv oila mavjud bo'lib, oila boshliqlari U^{238} , Th^{232} , U^{235} radioaktiv izotoplardir. Bu oila boshliqlarining yemirilishidan har bir oilaning yemirilish zanjiri hosil bo'ladi va har bir yemirilish zanjiridagi yemirilishlar qurg'oshinning turg'un izotopi hosil bo'lishi bilan to'xtaydi. Tabiiy radioaktiv oilalar yemirilish zanjirida ketma-ket yemirilishlardan xosil bo'ladigan yadrolar ham radioaktiv izotoplardir. Oilalar yemirilish zanjirida quyidagi radioaktiv izotoplar hosil bo'ladi.

U^{238} 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 .

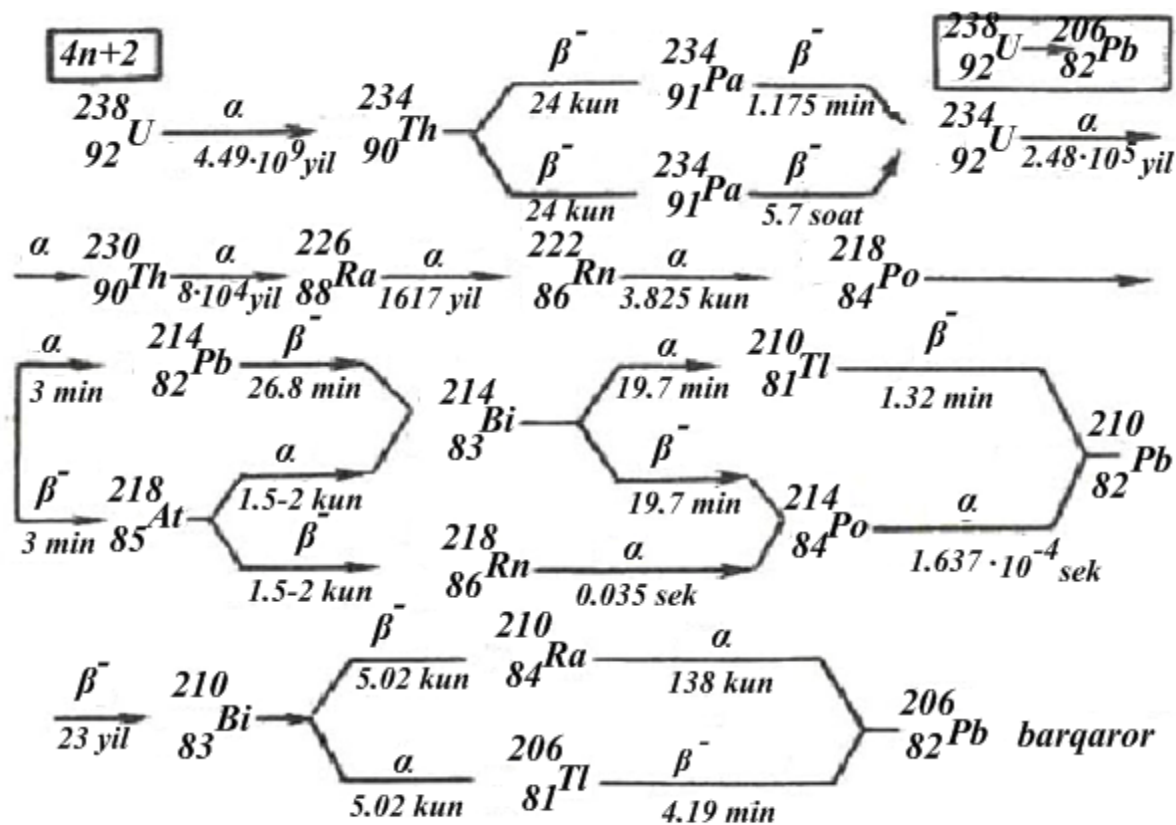
Th^{232} oilasida: ^{228}Ra , ^{228}Ac , ^{228}Th , ^{224}Ra , ^{220}Rn , ^{216}Po , ^{212}Po , ^{212}Pb , ^{208}Pb .

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

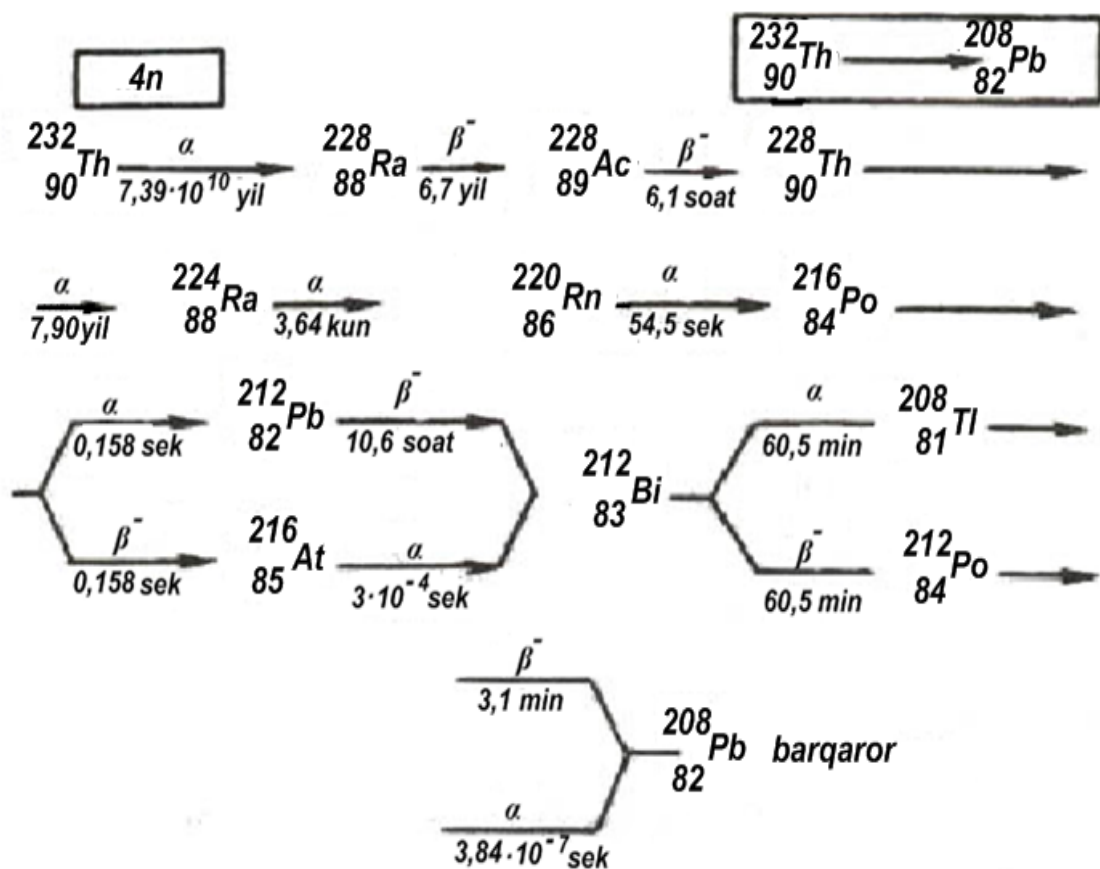
Har bir oila yemirilish zanjiriga tegishli bo'lgan radioaktiv izotoplar tabiiy radioaktiv izotoplar bo'lib, atrof-muhit namunalarda tabiiy holda tarqalgan.

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.

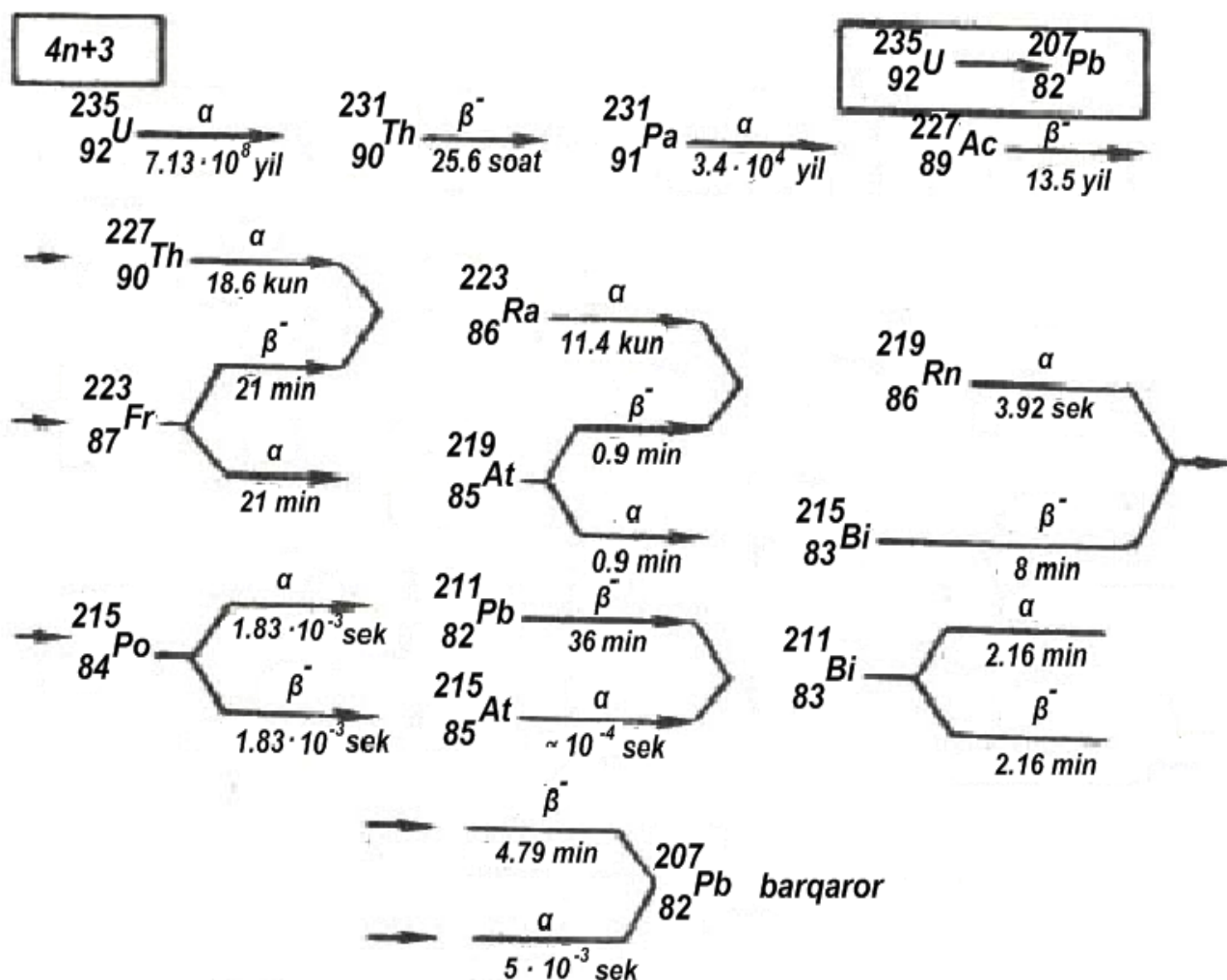
Uran-238, toriy-232 va uran-235 lar tabiiy radioaktiv oilalar boshliqlari hisoblanadi. Bu oilaning yemirilish zanjiri 1, 2, 3-rasmlarda sxematik ravishda keltirilgan.



1-rasm.Uran -238 tabiiy radioaktiv oilasining yemirilish sxemasi.



2-rasm. Toriy -232 radioaktiv oilasining yemirilish sxemasi.



3-rasm. Uran-235 tabiiy radioaktiv oilasining yemirilish sxemasi

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 3.05 min 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. Har-bir radioaktiv oilada massa soni α -yemirilish natijasida o'zgaradi. Shuning uchun istalgan oiladagi izotoplarning massa soni bir xil formula bilan ifodalanadi :

$$A=4n+c \quad (1.9)$$

formula orqali aniqlanadi.

Bu formulada har-bir radioaktiv oiladagi radioaktiv izatoplar uchun doimiy bo'lgan son : n-butun sonlarni qabul qiladi. Uran 238 oilasi uchun $c=2$, n esa $51 \leq n \leq 59$ oraliqda ;aktina uran U^{235} oilasi uchun $c=3$ $51 \leq n \leq 58$; toriy -232 oilasi uchun $c=0$ $51 \leq n \leq 58$.

Davriy sistemada tartib raqami $Z \geq 81$ dan boshlab bo'lgan izatoplar radioaktiv oilalarga birlashgan Hozirgi vaqtda bunday izatoplar orasida genetik bog'lanish aloqa mavjudligi aniqlangan. Ba'zi bir xususiyatlarining umumiyligi uchala,radioaktiv oilani yaqinlashtiradi .

Birinchidan har –bir oila yarim yemirilish davri Yerning yoshiga yaqin bo'lgan izatopdan bilinadi.

Ikkinchidan har-bir oilada radon elementining izatopi bo'lgan inert gaz xosil bo'ladi.

Uchunchidan izotoplarning har-bir oiladagi yemirilishlari qo'rg'oshinning barqaror izotopi bilan tugallanadi. Har –bir oilaning ichida massa sonlari (1.9) formulaga bo'ysunadi.

2. 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^{21} yil) bo'lib, aktivliklari past, yemirilish tezligi 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-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

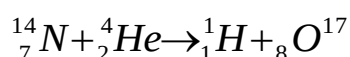
Tabiiy radioaktiv oilalarga kirmaydigan tabiiy radioaktiv izotoplar

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	$6,7 \cdot 10^{11}$	A	$^{142}_{60}\text{Nd}$
$^{176}_{71}\text{Lu}$	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.

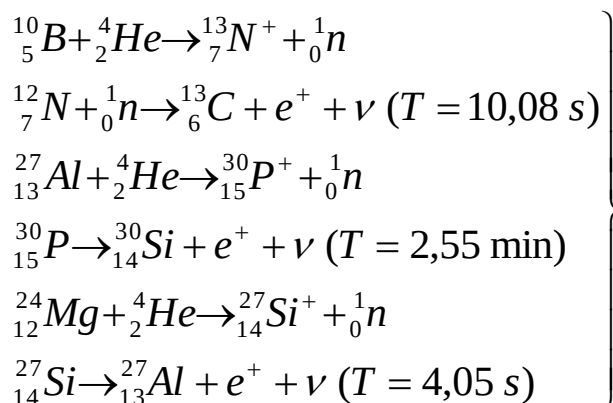
2. Sun'iy radioaktiv izotoplar

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



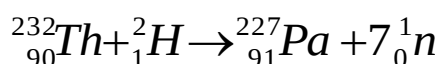
Alfa-yemirilish mexanizmidan ko'rinadiki, (kvant mexanikasiga asosan), alfa zarracha “tunnel effekti” orqali yadrodan chiqish ehtimoliyatiga ega. Shuning uchun tashqaridan kelayotgan alfa-zarra energiyasi bombardimon qilinayotgan yadroning sirtidagi potensial to'siq balandligidan past bo'lsa ham “tunnel 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-faollikka ega bo'lgan nuklidlarni hosil qildilar. Hosil bo'lgan radiofaol nuklidlar radiokimyo yo'li bilan ajratib olingach, ular N, P, Si ekanligi aniqlandi. Shuning uchun ham hosil bo'lgan radiofaol nuklidlar quyidagi yadro reaksiyasida hosil bo'lishi aniqlandi:

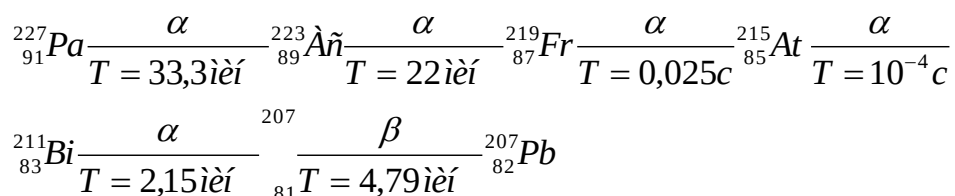


Hozirgi vaqtda mingdan ortiq sun'iy radiofaol nuklidlar ma'lum. Sun'iy radiofaol nuklidlarni hosil qilishda tezlatgichlarda zarralar energiyasini oshirish juda keng imkoniyat yaratdi. Eng katta tezlatgichlardan biri Dubna (Rossiya) shahrida qurilgan bo'lib, unda protonlarga beriladigan energiya 10 GeV 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:



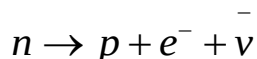
bu reaksiya natijasida hosil qilingan radiofaol ${}^{227}_{91}\text{Pa}$ yadrosi quyidagicha qator yemirilish berar ekan:



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

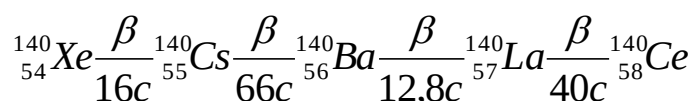
qo'shilishi natijasida hosil bo'lgan yadrolarda protonlar nisbati kamayishi va ayirilishi natijasida esa neytronlar nisbati kamayishi kuzatiladi. Protonlar nisbati kamayishi natijasida hosil bo'luvchi proton defesit (tanqis) yadrolarda neytronlar protonlarga aylanish ehtimoliyati katta bo'lib, β^- – yemirilish beradi:



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



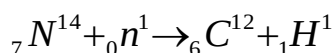
Og'ir yadrolar bo'linishidan hosil bo'lgan qoldiq, yadrolar kuchli proton-tanqis yadrolar bo'lib va bir necha ketma-ket β –yemirilishdan keyingina turg'un nuklidga aylanadilar. Masalan, $^{140}_{54}\text{Xe}$ qoldiq yadrosining yemirilishini qaraylik:

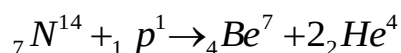


Bu ketma-ket keluvchi yemirilish turg'un nuklid $^{140}_{58}\text{Ce}$ bilan tugaydi. Agarda $^{140}_{54}\text{Xe}$ uchun neytron va protonlar nisbati $N/Z \approx 1,6$ bo'lsa, $^{140}_{58}\text{Ce}$ uchun $N/Z \approx 1,64$ dir.

3. Kosmogen radionuklidlar.

Atmosfera havosiga kosmosdan kelayotgan yuqori energiyali (10^{10} - 10^{19} eV) kosmik zarralar (n, p, ℓ va b.) atmosfera havosi tarkibidagi azot, kislorod kabi gaz atomlari yadrolari bilan reaksiyaga kirishib ^{14}C , ^3H , ^7Be , ^{32}P , ^{33}P radioaktiv izotoplarni hosil qiladi. Bunday radioaktiv nuklidlarga kosmogen radionuklidlar deyiladi. Masalan, kosmogen radionuklidlarning hosil bo'lishini quyidagi reaksiyalarda ko'rish mumkin:





Bunda xosil bo'lgan ${}_6C^{12}$ va ${}_4Be^7$ yadrolari radioaktiv izotoplardir.

Biosferadagi radioaktiv nurlanishlarni atrof-muhit namunalarida tabiiy ravishda tarqalgan tabiiy radioaktiv oilalar yemirilish zanjiridagi radioaktiv izotoplar, tabiiy radioaktiv izotop K^{40} va kosmogen radioaktiv izotoplar asosiy hissa qo'shadi.

1.3. Tabiatda suvlar va ularning radioaktivligi[7-8,11,22]

Suvlar butun tiriklik hayotida juda muhim vazifani bajaradi. Mineral moddalar va ular bilan birga radioaktiv izotoplarni ko'chiradi (tashiydi). Barcha tirik organizmlarning asosiy tarkibiy qismi suv hisoblanadi. Suvsiz hayot bo'lmaydi. Har qanday tirik mavjudotda suv bor. Kishi suvsizlikdan ko'ra ochlikka uzoqroq chidashi mumkin. Odam va ko'p hayvonlar tanasining 2/3 qismi suvdan iborat. Ba'zi o'simliklarning deyarli 4/5 qismi suvdan tashkil topgan.

Yer yuzining 2/3 qismini suv egallagan. Suv okeanlar, dengizlar, daryo va ko'llarda, yer ostida va tuproqda bo'ladi, muzlik va aysberglar ham suvdan iborat. Atmosferada ham suv ko'p, ular bulut, tuman, bug', yomg'ir va qor holida. Tabiatda sof suv bo'lmaydi. Sof suvni faqatgina laboratoriyalarda olish mumkin. Bunday suv bemaza bo'ladi, uning tarkibida tirik organizmlar uchun zarur bo'lgan tuzlar bo'lmaydi. Dengiz suvida esa keragidan ortiq turli xil erigan tuzlar bor, shuning uchun u ham ichishga yaramaydi.

Yer yuzida aholi iste'mol qiladigan toza suv miqdori borgan sari kamayib bormoqda. Odamlar sanoat ehtiyojlari uchun mo'ljallangan suvdan ko'proq foydalanmoqdalar, suv korxonalar chiqindilari bilan ifloslanmoqda.

1. Suvlar ekologik tozaligini muhofaza qilish, turli ifloslanishlardan saqlash, ifloslanish oldini olish choralarini ishlab chiqish tabiiy fanlar oldidagi dolzarb muammolardan biri hisoblanadi.
2. Suvlarning musaffoligi, ekologik, jumladan radioekologik toza bo'lishi biosferadagi butun hayotiy jarayonlarda juda muhim ahamiyat kasb etadi.

Kishilar organizmida taqriban 5% suv bo'ladi. Kishining ayrim organlarida suv 80% gacha yetadi. Biogenez zonasida suvlarning aylanish sxemasi 4-rasmda keltirilgan. Bu sxemadan radioaktiv izotoplar migratsiyasining asosiy yo'llarini ko'rish mumkin. Rasmda suvlarning aylanish zanjirini hosil qiladigan asosiy elementlar: atmosfera suvlari (yong'inlar suvlari) quruqlik suvlari, dunyo okeanlari suvlari ekanligi ko'rsatilgan. O'z navbatida quruqlik suvlariga daryalar, ko'llar, yer osti suvlari kiradi. Kontinentlar sirtidan, dunyo okeanlaridan suvlarning bug'lanishi atmosfera namligi aktivligining nisbatan past bo'lishiga olib keladi. Aksincha suvlarning atmosfera yog'inlari dengizlar zanjiri bo'yicha harakatlanishi suvlar solishtirma aktivligining ketma-ket ortib borishi bilan xarakterlanadi. Umuman suvlarning radioaktivligi suvlar tarkibidagi radioaktiv izotoplar miqdori bilan aniqlanadi.

Okean, dengiz, daryo, quduq suvlari erigan radioaktiv izotoplar bo'ladi. Suvlar oqib o'tganda tuproqlar va tog' jinslarida bo'lgan radionuklidlar yuviladi va suv tarkibiga o'tadi. Suvlar radioaktivligi tabiatni o'rganish bo'yicha olib borilgan tekshirishlarda suvlar tarkibida uran, toriy, radon, kaliy-40 va kichik miqdorda radiy radionuklidlari bo'lishligi aniqlangan.

Tabiat suvlarida o'rtacha uran miqdori (10^{-3} - 10^{-6}) %ni, toriy miqdori $2 \cdot 10^{-9}$ % ni tashkil qiladi. Suvlardagi uran va toriy miqdorlari ularning tuproq va tog' jinslaridagi miqdoriga nisbatan 10^3 - 10^4 marta kichikdir. Suvlarda tabiiy radioaktiv oilalardagi ona va xosilaviy radionuklidlar orasida radioaktiv muvozanatning keskin buzilishi kuzatiladi. Ko'pchilik suvlarda radiyga qaraganda uran kattaroq miqdorda aniqlanadi. Kontinental suvlarda radiyga qaraganda radon miqdori katta bo'lishi aniqlangan. Dengiz va okean suvlarida uran miqdori doimiy bo'lib, taqribiy (10^{-3} - 10^{-6}) % ni tashkil etadi. Ba'zi ko'llar suvlarida uran miqdori o'rtacha 10^{-7} % ga tengligi ko'rsatilgan.

Tabiat suvlarida toriy miqdori uranga nisbatan ancha kichik miqdorda aniqlanadi. Uran tog' jinslari paydo bo'ladigan yerlarda har-xil obi-havo, shamollar natijasida eritmalar hosil qilib dengiz, ko'l, okean suvlariga tarqaladi, bir

qismi esa loyqalarga aralashib, har -xil chukmalar hosil qiladi. Daryo suvlarining radioaktivligi asosan K^{40} miqdori bilan aniqlanadi. Bu suvlarda K^{40} miqdori 0,035% ni tashkil qiladi. Bu miqdorning turli daryolar suvlarida o'zgarishi juda kichikdir. Quyida turli xil suvlar radioaktivligining tabiati to'g'risida to'liqroq ma'lumot beriladi.

1. Atmosfera yog'inlarining radioaktivligi

Yomg'ir, qor, jala suvlaridan iborat bo'lgan kimyoviy toza atmosfera yog'inlari tarkibida faqat H^3 (tritiy) aniqlanadi. Lekin atmosfera yog'inlari erkin tushishida turli kimyoviy birikmalarning atmosfera havosi tarkibida bo'lgan kichik-mayda zarralarini, jumladan radioaktiv izotoplarni o'ziga biriktirib oladi. Bunday atmosfera yog'inlarining radioaktivligi ularning yerga yaqin havo qatlamiga o'tishida sifat va miqdor jihatidan o'zgaradi. Ularning yerga tushish vaqtidagi aktivligi asosan radon yemirilishidan hosil bo'ladigan radionuklidlar va biriktirib olingan zarralarda bo'lgan radionuklidlar bilan aniqlanadi. Tabiiy radioaktiv K^{40} havo tarkibida bo'ladigan chang zarralari radioaktivligining asosiy tashkil etuvchisi hisoblanadi. Shuning uchun K^{40} ning yog'inlar tarkibidagi miqdori havoning changlanishi bilan bog'liq deb qaraladi.

Bir qator olimlar (A.I.Voeykova va b.) tomonidan o'tkazilgan ko'p yillik kuzatishlar ko'rsatadiki yomg'irlar suvlarida K^{40} katta miqdorda aniqlanadi. Masalan, Leningrad, Volgograd, Kiye, Moskva, Kazan, Riga, Arxangelski shaharlari uchun K^{40} miqdori (1,47-4,9) mg/l oraliqda aniqlangan, yomg'ir suvlarining aktivligi esa (1,2-3,9) pkyu/l kattalikda aniqlangan.

2. Yer osti suvlarining radioaktivligi

Yer osti suvlari deyilganda Yer qobig'i yoriqlarini to'ldirib turgan namlik tushuniladi. Yer sharidagi yer osti suvlarining hajmi taxminan 100 mln. km^3 ga teng, ya'ni dunyo okeanlarining suvidan 14 marta kam va atmosfera yog'inlaridan 800 marta katta. Bunda biosferada radionuklidlar aylanishida yer osti namliklarining hissasi boshqa suvlarga nisbatan kichikligi aniqlangan. Agar

atmosfera-dagi namlik har 9 sutkada o'zgarib tursa, okeanlar va dengizlardagi suvlar taxminan 2000 yilda o'zgaradi, yer osti suvlari esa o'rtacha 8000 yilda o'zgaradi. Yer qobig'ining ustki qatlamida yer osti suvlari 1-1000 m/yil tezlik bilan harakatlanadi, 1000-2000 m chuqurlikda esa, 0,001-0,1 m/yil tezlik bilan harakatlanadi.

Ariq suvlari o'rtacha 100 km/sutka tezlik bilan harakatlanishi aniqlangan yer osti suvlari yer qobig'ida joylashishiga, sharoitlariga bog'liq ravishda quyidagi turlarga bo'linadi: tuproq suvlari, grunt suvlari, plastiklararo suvlar, mineral suvlar ham kiradi. Mineral suvlar ko'pincha radioaktivligining yuqoriligi bilan xarakterlanadi. Yer osti suvlarining radioaktivlik darajasi, ularning kimyoviy tarkibiga bog'liq bo'ladi. kimyoviy tarkibi esa fizika-geografik, geologik, gidrogeologik, fizika-kimyoviy, fizikaviy, biologik kabi bir qator faktorlar bilan aniqlanadi.

Tuproq suvlari yer sirtiga yaqin joylashgan bo'lib, atmosfera yog'inlaridan hosil bo'ladi. shuning uchun bunday suvlarning aktivligi tuproq qatlamlarida bo'lgan radioaktiv izotoplarning miqdoriga, erishiga bog'liq bo'ladi. Gruntoviy suvlarning radioaktivligi ham xuddi shunday aniqlanadi.

Plastiklararo suvlarga yerning turli qatlamlari, cho'kmalar oralarida to'plangan suvlar kiradi. Tuproqlar namlanishiga qaraganda bug'lanish ko'p bo'lganda tuproq suvlarining radioaktivligi ortib ketishi mumkin. Cho'llar tuproqlaridagi eritmalarning K^{40} (0,97-5,0) nkyuri/l, quduq suvlarining solishtirma aktivligi (3,2-6,8)pkyuri/l oraliqda bo'lishi aniqlangan. Yer sirtidan (1500-2000) m chuqurlikdagi qatlamlarda joylashgan, minerallarga boy bo'lgan suvlar tarkibida kaliy katta ya'ni K^{40} ning solishtirma aktivligi 0,96 nkyuri/l ga teng bo'lgan.

Artizan suvlarining aktivligi ular tarkibidagi tuzlarning, radioaktiv izotoplarning konsentratsiyasiga bog'liq ravishda o'zgaradi. Belorussiya mineral suvlarida kaliy eng katta miqdorda (80-100) mg/l oraliqda aniqlangan. Neft konlariga yaqin bo'lgan joylardagi, plastlararoda bo'lgan suvlar tarkibida radiy, uran hamda toriy tabiiy radioaktiv oilasiga tegishli radionuklidlar aniqlangan

(Ra^{226} va Th^{228} lar aniqlangan). Bunday suvlarda aniqlangan radiyning solishtirma aktivligi (0,1-0,8)nkyuri/l, uranning aktivligi esa o'rtacha $6,7 \cdot 10^{-3}$ nkyuri/l ni tashkil etgan.

Ozarbayjon neft konlariga yaqin joylashgan plastlararo suvlarida radiy eng katta miqdorda -18 nkyuri/l miqdorda aniqlangan. Uranning eng katta miqdori ishqoriy suvlarda o'lchangan, ya'ni bir necha Mkyuri/l lar kattalikda aniqlangan.

Chukma va metamorfik cho'kmalar suvlarida toriy miqdori katta bo'lib, o'rtacha $2 \cdot 10^{-6}$ g/l ga yetadi, bu esa suvlardagi uran miqdoridan bir tartibga kichik.

2.Mineral suvlarining radioaktivligi

Mineral suvlar ularning tarkibida qaysi radioaktiv izotop katta yoki kichikroq miqdorda bo'lishiga bog'liq ravishda uch guruhga bo'linadi: 1.Radonli suvlar.

2. Radiyli suvlar. 3. Uranli suvlar. Bundan tashqari oraliq mineral suvlar ham mavjud, radon-radiyli suvlar, uran-radiyli, radiyli-mezatoriyli suvlar. Bunday mineral suvlar orasida asosan radonli va radonli-radiyli mineral suvlaridan davolash maqsadlarida kurortlarda davolash maqsadlarida keng foydalaniladi. Radon miqdori eng katta bo'lgan mineral suv Chexoslovakiyada Poximstali rayonida joylashgan kurortda aniqlangan. Bunda radon miqdori 2,0 mkkyuri/l miqdorda aniqlangan. Yer osti suvlarida tabiiy radioaktiv izotop K^{40} ning eng katta (0,0025-8,99) g/l oraliqda aniqlangan. Eng katta miqdori 8,9 g/l Rossiya, Irkutski yer osti suvlarida, eng kichik miqdori – 0,0025g/l Rossiya, Chita yer osti suvlarida aniqlangan.

4. Daryo suvlarining rdioaktiligi

Daryo suvlarining radioaktivligi asosan tabiiy radioaktiv izotop K^{40} ning miqdori bilan aniqlanadi. K^{40} ning suvlardagi miqdori esa suvlar oqib o'tayotgan turli jinslarning kimyoviy tarkibiga, suvlar bilan yuvilish darajasiga va yana bir qator miteorologik faktorlarga bog'liq. Yer sirti suvlarida (qorlar, yomg'irlar, muzliklar va boshqa) radioaktiv izotoplar nisbatan kichik miqdorda aniqlanadi.

shuning uchun bahorgi qorlar erishida, kuchli yomg'irlar, sellar natijasida, daryolar to'lib-toshganda suvlarning solishtirma aktivligi kamayib ketadi, suvlar sathining pasayishi davrida esa radioaktivligi ortadi. Ba'zi bir xollarda ayrim daryolarda erigan moddalarning tarkibi yil davomida shunday kuchli o'zgaradiki, daryolardagi tabiiy suvlar o'zgarib, gidrokarbonatli, sulfatli, xlorli suvlarga aylanadi. Suvlarning kimyoviy tarkibining bunday kuchli o'zgarishi tufayli ularning radioaktivligi ham o'zgaradi masalan, Vaxsh vodiysida aprel oyidan sentabr oyigacha dara suvlaridagi kaliy miqdori sezilarli darajada kamayishi, qish oylari davomida esa kaliy miqdori 2-3 marta ortishi aniqlangan.

2-jadvalda daryo suvlarida aniqlangan asosiy radioaktiv izotoplarining, suvlarning umumiy radioaktivligiga qo'shgan hissalar, kattaliklari keltirilgan.

Ayrim hollarda daryo suvlarining radioaktivligi 2-jadvalda keltirilgan o'rtacha ko'rsatgichlarda ahamiyatli darajada chetlashadi. Bunda turli joylardagi daryolardan olingan suv namunalarining radioaktivligi bir-biridan farq qiladi. Daryo suvlari tarkibidagi radioaktiv izotoplar suvlardagi eriydigan va erimaydigan fraksiyalarda bir xil taqsimlanmasligi aniqlangan.

2-jadval

Radioaktiv izotoplar	Solishtirma aktivlik nkyuri/l	Radioaktiv izotop	Solishtirma aktivlik nkyuri/l
Kaliy	1-10	Radiy	0,02-0,04
Uran	0,2-0,3	Toriy	0,01-0,03
Ioniy	0,1-0,3		

5. Ko'l suvlarining radioaktivligi

Ko'l suvlarining aktivligi suvning kimyoviy tarkibi bilan ko'lga quyiladigan bilan bog'liq. Ko'l suvlari ariq suvlarining quyilishidan xosil bo'lishiga qaramasdan ko'l suvlarining radioaktivligi ariq suvlarining

radioaktivligidan farq qiladi. Masalan, dengiz ko'liga quyiladigan Nuri arig'i suvining K^{40} radioaktiv izotop hisobidagi aktivligi (8,8-36)pkyuri/l chegarada, shu ko'ldan oqib chiqayotgan suvning bu aktivligidan katta aktivlikka ega ekanligi aniqlangan. Shu ko'lning suvi tekshirilganda, yilning turli fasllarida suvdagi kaliyning miqdori $3 \cdot 10^{-2} \%$ dan $7 \cdot 10^{-2} \%$ gacha bo'lgan oraliqda tebranishi aniqlangan. K^{40} ning konsentratsiyasi esa (0,23-0,61)pkyuri/l oraliqda bo'lishi ko'rsatilgan. Sevan ko'lida o'tkazilgan tekshirishlarda ham shunday natijalar olingan. Sevan ko'li suvida aniqlangan kaliy miqdori 21,4mg/l ga teng, ko'lga oqib kirayotgan suvdagi kaliy miqdori esa 2,7 mg/l ga teng bo'lgan.

Ko'l suvlarining mineralligi darajasi va radioaktivligi orsida bog'lanish mavjud. Ko'l suvlarining mineralligi darajasi qancha yuqori bo'lsa, ularning radioaktivligi ham yuqori bo'ladi. Sobiq SSSR territoriyasini gidrokimyoviy zonalar bo'yicha rayonlashtirishda yer usti suvlari mineralligi darajasi bo'yicha 5 kategoriyaga bo'lingan.

3.-jadval

№	Suvning minerallik darajasi	K^{40} aktivligi
1	Mineralligi past bo'lgan suvlar	100mg/l
2	Mineralligi o'rtacha bo'lgan suvlar	100-500 mg/l
3	Mineralligi yuqori bo'lgan suvlar	500-1000mg/l
4	Mineralligi juda yuqori bo'lgan suvlar	1-10 g/l
5	Mineralligi eng yuqori bo'lgan suvlar	10g/l dan ortiq

Mineralligi darajasi va radioaktivligi past darajada bo'lgan ko'llar suvlari Koreliya territoriyasida, Sibirning shimoliy rayonlarida uchraydi. Suvlarning mineralligi va radioaktivligi yuqori bo'lgan ko'llar Yevropaning o'rta polosasida Sibirdagi ko'llarda uchraydi. Pskovskiy, Chudskoy ko'llari shunday ko'llarga kiradi.

Mineralligi va radioaktivligi yuqori bo'lgan ko'llar qora tuproqli zonalarda cho'llarda joylashgan. Bunday ko'llarga Sevan, Balxash, Issiq ko'llari kiradi.

Klimati quruq bo'lgan sharoitlarda ko'l suvlarida bug'lanish kuchli bo'lganligi sababli ko'l suvlarida tuzlar to'planishi kuchayadi, natijada bunday suvlarning radioaktivligi ham ortadi. Bunday ko'llar markaziy Qozog'istonda uchraydi.

6. Dengiz suvlarining radioaktivligi

Dunyo okeanlari suvlarida bo'lgan tuzlarning o'rtacha miqdori 35 g/l (35%) ga tengligi aniqlangan. Bunda ochiq dengiz suvlarida aniqlangan tuzlarning ayrim komponentalari deyarli doimiy kattalik ekanligi ko'rsatilgan. Suvning umumiy sho'rligining kamayishi suvdagi ayrim makroelementlarning ketma-ket miqdoriy harakati bilan tushuntiriladi. Dengiz suvlarining mineralligida kaliy elementining parsial hissasi 1%. Bunday hol dengiz suvlari aktivligini aniqlashda muhim ahamiyatga ega. Suvning umumiy sho'rli va kaliy hissasini bilgan holda, dengiz suvlari aktivligini hisoblash mumkin. Lekin dengiz suvlari K^{40} dan boshqa turli radioaktiv izotoplar ham o'z hissasini qo'shadi. 4-jadvalda turli radioaktiv izotoplarning dengiz suvlari aktivligiga qo'shgan hissasi kattaliklari keltirilgan

4-jadval

Radioaktiv izotop	Suv, 10^{-3} pkyuri/l	Cho'kma pkyuri/kg	Suv, 10^{-3} pkyuri/l	Cho'kma pkyuri/kg
^3H	48	-	0,014	-
^{10}Be	1,4	2,7	5,8	-
^{14}C	140	-	9,5	75000
^{40}K	320000	20000	2,2	1400
^{87}Pb	3700	2300	1,1	1660
^{226}Ra	100	15000	47	15
^{227}Th	2,2	-	1000	340

Jadvaldan ko'rinadiki, dengiz suvlarining tabiiy beta-aktivligi asosan K^{40} radioaktiv izotopi bilan aniqlanadi, alfa-aktivligida esa U^{238} ning qo'shgan hissasi

birinchi o'rinda turadi. Okean suvlarining sho'rligi va temperaturasi ortishi bilan radonning erishi kamayadi. Suvlar sirtining atmosfera havosidagi radonni yutishi natijasida suvlar sezilarli darajada radon miqdoriga ega bo'ladi. Bunda radonning suvdagi miqdori 0,001 pkyuri/l gacha aniqlanadi. Dengiz osti cho'kmalarida radioaktiv izotoplar bir xilda taqsimlanmaydi. Masalan, Liguriy dengizi cho'kmalarida aniqlangan Ra^{226} -100 pkyuri/l, Th^{232} - 340 pkyuri/l va U^{238} - 67 pkyuri/l ni tashkil qiladi. Qora dengiz cho'kmalarida uran miqdori o'rtacha 6,75 pkyuri/l ga tengligi aniqlangan.

Okean suvlarining aktivligi tekshirilganda suvlardagi Pa^{231} va Jo^{230} radionuklidlarining miqdori ularning oila boshlig'i U^{238} ning miqdoriga to'g'ri kelmasligi aniqlangan. Pa^{231} radioaktiv muvozanatdagi miqdoridan 5% ga, J^{230} esa (1-3)% ga farq qilishi ko'rsatilgan. Okean suvlarida bu radionuklidlarning yetishmasligi, ularning cho'kmalarga tushib, o'rname qolishi bilan tushuntiriladi, suvlarda Th^{232} ning miqdori boshqa radionuklidlar kabi bir geografik rayondan boshqasiga o'tganda ahamiyatli darajada o'zgaradi. Tinch okean suvlarida toriy miqdori (0,1-2,3) pkyuri/l oraliqda tebranadi, uran miqdorining tebranishi esa ahamiyatli darajada emas. Antarktida va arktikadagi suvlar aktivligiga muzliklarning erishi va paydo bo'lishi ta'sir qiladi. Shuning uchun dunyo okeanlari suvlarining ustki qismlarining solishtirma aktivligi suvlarning Yerning yuqori geografik kengligidan ekvator zonasiga ko'chishida ketma-ket ortib borishi aniqlangan.

1.4. Radioaktiv nurlanishlar va ularning biologik ta'siri[2-5,7,14]

Bekkerel tomonidan radioaktivlik hodisasining ochilishida kashf qilingan nurlanish magnit maydonida tekshirilganda bu nurlar uchta tashkil etuvchidan iborat ekanligi, ya'ni alfa, beta va gamma-nurlanishlardan iborat ekanligi aniqlandi. Alfa nurlar – musbat zaryandlangan katta energiyaga ega bo'lgan zarralar (alfa-zarralar) oqimidir. Tajribalar alfa zarralar massa soni to'rtga va zaryadi ikkiga teng bo'lgan geliy yadrosi, ya'ni ${}^4_2\text{He}$ ekanligini ko'rsatdi. Yarim yemirilish davri kichik bo'lgan yadrolar yemirilishida katta energiyadagi alfa zarralar chiqadi, yarim yemirilish davri katta bo'lgan yadrolar yemirilishida esa energiyasi pastroq bo'lgan alfa-zarralar chiqariladi. Masalan: ${}^{212}_{83}\text{Po}$ ($T_{1/2}=1,4\cdot 10^{-7}$ sek) radionuklidi ${}^{232}_{90}\text{Th}$ ($T_{1/2}=1,4\cdot 10^{10}$ sek) radionuklidi chiqargan alfa-zarralar energiyasi 4,28 MeV ga teng. Alfa-zarralar moddaga tushganda moddani ionlashtirish xususiyatiga ega. Alfa-zarralarning erkin chopishi millimetrlarda, ya'ni mm qalinlikdagi moddada ham yutiladi. Alfa-zarralar moddalardan o'tish qobiliyati kichik bo'lgan og'ir zarralardir. Yadrolarning beta yemirilish turiga qarab yadrolarning beta yemirilishida manfiy ishorali beta zarralar β^- ya'ni, elektronlar yoki musbat ishorali beta-zarralar-pozitronlar ajraladi. Beta-nurlar katta kinetik energiyaga ega bo'lgan elektronlar va pozitronlar oqimidir. Beta-zarralar moddalardan o'tish qobiliyatiga ega bo'lgan yengil zarralardan beta-zarralarning erkin chopishi santimetrlarda, ya'ni qalinligi santimetrlarda bo'lgan moddalarda yutiladi. Beta-zarralar ham moddaga tushganda moddani ionlashtirish xususiyatiga ega. β -yemirilishlarda energiya ajraladi. β -yemirilishlarda ajraladigan beta-zarralar energiyasining yuqori chegarasi gamma-nurlar moddalardan o'tish qobiliyati kuchli bo'lgan, qisqa to'lqinli elektromagnit nurlanishlardir. Gamma nurlar qalinligi metrlarda o'lchanadigan moddalardan o'tadi. Gamma-nurlar energiyasi 1 Mev dan 2-3 MeV gacha bo'ladi. To'lqin uzunligi 0,1 nm va undan ham kichik. Radioaktiv nurlanishlarning asosiy xarakteristikalar zarralarning massasi, zaryadi ularning yadrodan chiqishidagi tezligi va unga tegishli kinetik energiyalari

hisoblanadi. Bunday alfa, beta, gamma yadroviy nurlanishlar miqdori ularning xavfsiz deb belgilangan chegaraviy me'yoriy miqdoridan ortib ketganda tirik organizmlarga, jumladan kishilarga hayot uchun xavfli bo'lgan salbiy ta'sirlar ko'rsatadi.

Rentgen nurlari kashf etilgandan so'ng, bir yil o'tgacha rentgen trubkalarini ishlab chiqaruvchilar rentgen nurlari qo'lni jarohatlashi, kuydirishini ko'rdilar va ular meditsinaga murojaat qildilar. Bekkerel radiyli shishani pinjak kistasida ko'tarib yurgani uchun ko'krigida radiatsiya ta'sirida kuyish kuzatilgan.

Yadro nurlanishlarning zararli ta'siri Kompton effekti, tormozlovchi nurlanish, fotoeffekt va ba'zi boshqa effektlar ta'sirida organizmdagi tirik xujayralar atomlarining ionlashuvi va qo'zg'alishi bilan bog'liq. Tirik xujayralarning ayrim tarkibiy qismlari bu ionizatsiyada o'zgaradi, buziladi va parchalanish mahsulotlari zaharlar kabi ta'sir eta boshlaydi. Xromosomalarning buzilishi, xujayra yadrolarining shishishi va umuman xujayralarning shishishi, xujayrali membranalar ishining o'zgarishi va xujayralarning buzilishi organizmdagi buzilishlarga misol bo'ladi.

Ko'pincha organizmdagi eski xujayralarni yangi xujayralar bilan almashinishining normal jarayoni buzilishi mumkin. Agar ionlashtiruvchi nurlanishlar xujayralarga tushsa, nurlangan xujayralar yangi xujayralarni hosil qila olmaydi. Radioaktiv nurlanishlarga eng sezgir xujayralar ilik, limfa bezlari, og'iz bo'shlig'i va ichak, jinsiy organlar, teri xujayralari hisoblanadi. Jigar va buyrak to'qimalari nurlanishda sezgirligi kam bo'ladi. Asab, miya muskul to'qimalari ionlashtiruvchi nurlanishga eng kam sezgir bo'ladi. Kishi organizmidagi har bir organga radioaktiv nurlanishlarning qanday ta'sir qilish darajasi 2-rasmda tasvirlangan.

Shunday qilib, kishilar organizmiga ta'sir etayotgan nurlanishlar xavfsiz deb belgilangan chegaraviy me'yordan ortib ketganda kishi organizmida organlarning me'yoriy faoliyati buziladi, organizmda patologik jarayonlar rivojlanadi, hayot

uchun xavfli bo'lgan saraton, nasl kasalligi, teri kasalligi kabi turli kasalliklar kelib chiqishi mumkin.

Turli nurlanishlar turlicha yutilgani uchun nurlanish darajasini baholash maqsadida rad birligi kiritiladi. 1 rad shunday dozaki, bunda 1 kg massasi nurlangan moddaga 0,01 J ionlashtiruvchi nurlanish energiyasi uzatiladi. Yutilgan nurlanish dozasi nurlanish turiga bog'liq ravishda turli effekt namoyon qilgani uchun berilgan yadro nurlanishini xarakterlash maqsadida nisbiy biologik faollik koeffitsiyenti kiritiladi. Bu koeffitsiyent organizm olgan yadro nurlanish dozasining o'shandan biologik effekti hosil qiluvchi gamma-nurlar dozasida nisbatiga teng. Aniq biologik effekt uchun nurlanish dozasining birligi bo'lib rentgen (R) hisoblanadi. U radning nisbiy biologik faoliyat koeffitsiyenti ko'paytmasiga teng. Kishi organizmiga ta'sir qiluvchi ionlashtiruvchi nurlanish dozalari va ta'sir natijalari 5-jadvalda keltirilgan.

Radioaktiv nurlanishlarda salbiy ta'sirlardan tashqari ijobiy ta'sirlar ham mavjud. Radioaktiv nuklidlardan xalq xo'jaligining turli sohalarida samarali foydalaniladi. Masalan, qishloq xo'jaligida radioaktiv nurlanishlarning o'simliklarga biologik ta'siri nurlanishning o'simliklar materiyasida qanday chuqurlikkacha ta'sir qilishiga, nurlanishning ionlashtirish kuchiga, energiyasiga bog'liq bo'ladi, chunki ionlashish o'simliklar to'qimasida bo'ladigan fizika-ximiyaviy reaksiyalar uchun katalizator hisoblanadi. Bu esa o'z navbatida o'simliklarning keyingi hayot faoliyatini faollashtirishga yoki uning pasayishiga olib keladi.

Radioaktiv nurlar bilan nurlantirish materiyalarida hosil bo'ladigan ionlashish zichligini oshiradi. Nurlanishning materiyaga qancha chuqurlikkacha ta'sir qilishi ularning energiyasiga bog'liq. Elektronlar energiyasi $0,8 \cdot 10^{-12}$; $1,6 \cdot 10^{-12}$; $3,2 \cdot 10^{-12}$ J bo'lganda kartoshka o'simligi urug'ining tegishli 2, 4, 8 mm bo'lgan ustki qatlami nurlantiriladi. Energiyaning bunday qiymatlarida ionlashish zichligining katta bo'lishi elektron izining oxirida kuzatiladi. Kartoshkaning hayotiy markazlari kartoshka sirtidan 2-3 mm chuqurlikda bo'ladi. Energiyasi $8 \cdot 10^{-12}$ J bo'lganda ionlashishning maksimum qiymatiga to'g'ri keladi. Tajribalar

ko'rsatadiki, bunday energiya elektronlar bilan har qanday dozada o'simliklarni nurlantirish ularning o'sishini, rivojlanishini sekinlashishga, to'xtatishga olib keladi. $1,6 \cdot 10^{-12}$ J energiyali elektronlar yordamida 1,5 Gr (1,5 J/kg) dozada nurlantirish bilan esa o'simliklarda stimulyasiya effektiga rivojlanish hosildorligining ortishiga erishish mumkin. Elektron energiyasi $3,2 \cdot 10^{-12}$ J/kg bo'lganda esa stimulyasiya effektiga 3 Gr (3 J/kg) doza bilan nurlantirilganda erishiladi. Poliz ekinlari urug'larini gamma yoki elektronlar bilan 1,5-3,0 Gr (1,5-3,0 J/kg) dozada nurlantirib, ekin hosildorligining 15-20% ortishiga olib keladi. Masalan, kartoshka o'simligi nurlantirilganda hosildorlikning ortishi bilan birga unda hayotiy zarur moddalar, vitaminlar miqdori ortib, kartoshka xushta'mli va foydali bo'ladi.

Ionlashtiruvchi nurlanishlarning qishloq xo'jalik o'simliklari rivojlanishini, pishib yetilishini pasaytirish xususiyati o'simliklar hosilini uzoq muddatlargacha buzilmasdan saqlashda foydalaniladi. Masalan, poliz ekinlari hosilini saqlash uchun ular 80-100Gr (80-100 J/kg) dozada nurlantirsa yetarli bo'ladi.

Uzum o'simligi hosilini chetga eksport qilish maqsadlarida ularni 250Gr (250 J/kg) doza bilan nurlantirib, hosilining pishib yetilish muddatini 30-60 kungacha uzaytirish mumkin. Pamidorlarni 3000 Gr (3000 J/kg) doza bilan nurlantirib, ularning pishib yetilish muddatini ham 30-60 kungacha uzaytirish mumkin. 500Gr (500J/kg) doza bilan qulupnaylar nurlantirilganda ular 15-20 kun muddatigacha o'zining holatini, ko'rinishini, ta'mini yo'qotmasdan saqlanadi, nurlantirilmaganda esa qulupnay terilganning ikkinchi kunida o'z holati ko'rinishini yo'qotib, bozor mahsuloti bo'la olmaydi. Aniqlangan optimal dozalar bilan nurlantirib, mevalar, olma, zaldori, murut, shaftoli, qaroli kabi mevalarning uzoq muddatgacha buzilmasdan saqlanishiga erishish mumkin.

Tibbiyot sohasida ayrim kasalliklarni davolashda kichik dozadagi gamma-nurlanishlar bilan nurlantirib, davolash usullarida foydalaniladi.

Odam organizmiga ta'sir qiluvchi ionlashtiruvchi nurlanish dozalari va ta'sir natijalari

5-jadval

Nurlanish intensivligi Effekt	100-200 R	200-600R	600-1000 R	1000-5000 R	5000 R dan ortiq
Qayd qilish holatlari	100 R -5 % 200 R-50 %	300 R-100%	100%	100%	100%
Qancha vaqt o'tgandan so'ng ro'y beradi	3 soat	2 soat	1 soat	1/3 soat	1/2 soat
Asosiy zararlangan organ	Qon ishlab chiqaradigan to'qimalar og'ir leykemiya	Qon ishlab chiqaradigan to'qimalar	Qon ishlab chiqaradigan to'qimalar	Oshqozon to'qimalari	Markaziy nerv sistemasi
Asosiy belgilar	Og'ir qizarish, qon oqish, infeksiya, tutqanoq (300 R dan yuqori)			Ich ketish, lixaradka	Qaltirash uyqusirash
Nurlanishdan keyingi kritik davr	Ruhiy terapiya	4-6 hafta	4-6 hafta	5-14 kun	1-48 soat
Terapiya	Qon holatini nazorat qilish antibiotiklar	Qon quyish, antibiotiklar	Ilik almashtirish	Elertrolitik balansni saqlab turish	Tinchlantiruvchi, uxlatuvchi
Tashxis	A'lo	Yaxshi	Ikkilamchi chiqish	Umidsez	Umidsez
Sog'ayish davri	Bir necha hafta	1-12 oy	Uzoq vaqt	-	-
O'lim hollari	O'lmaydi	0-80%	80-100%	90-100%	90-100%
O'lim sodir bo'lish vaqti	-	2 oydan so'ng	2 oydan so'ng	2 haftadan so'ng	2 kundan so'ng
O'lim sababi		Qon ketish infeksiya	Qon ketish infeksiya	Aylanadigan kollaps	Nafas yetishmasligi Miya endomasi

1.5. Radioaktivligi o'rganiladigan namunalar tavsifi

Atrof-muhitning ekologik tozaligi insonlar salomatligining muhim omillaridan biri hisoblanadi. Shuning uchun ham atrof-muhit namunalari turli xil ifloslanishlardan, jumladan radioaktiv ifloslanishlardan muhofaza qilish, atrof-muhit radioaktivligi o'zgarishini nazorat qilish, ifloslanishni kamaytirish, oldini olish chora-tadbirlarini ishlab chiqish hozirgi zamon ta'lim tizimining dolzarb muammolaridan biri hisoblanadi. Atrof-muhit namunalari tabiiy ravishda tabiatda keng tarqalgan. Bundan tashqari radioaktiv izotoplarning tinchlik va harbiy maqsadlarda ishlatilishi atrof-muhitda sun'iy radionuklidlarning paydo bo'lishiga olib keldi. Bu esa tabiat namunalari sezilarli darajada radioaktiv ifloslanishiga sabab bo'ladi. Biotizimlarni, jumladan kishilarni nurlantiradigan radiatsion faktorlarga quyidagilarni kiritish mumkin.

1. Biotizimlarni ichkaridan nurlantiradigan radionuklidlar. Bunda radionuklidlar organizm ichkarisida bo'lib, ichkaridan nurlantiradi.
2. Atrof-muhit namunalari (tog' jinslari, suvlar, tuproqlar, havo va boshqa) tarkibida bo'lgan radionuklidlar yemirilishida hosil bo'lgan radioaktiv nurlanishlar asosan gamma-nurlanishlar kishilarni tashqaridan nurlantiradi.
3. Yuqori energiyali (10^{10} - 10^{19} eV) bo'lgan kosmik zarralar (n, p, ℓ^- va boshqa) atmosfera havosi tarkibida bo'lgan radionuklidlar ya'ni kosmogen radionuklidlar havo tarkibidagi N_2 , O_2 va boshqa elementlar bilan reaksiyaga kirishib, yangi radionuklidlar guruhini hosil qiladi. Bunday radionuklidlar guruhi kosmogen radionuklidlar deyiladi. Kosmogen radionuklidlar ham atrof-muhitdagi radioaktiv nurlanishlarga, tirik organizmlarning nurlanishiga ma'lum darajada hissa qo'shadi.

Atrof-muhit namunalari uchrashi mumkin bo'lgan tabiiy va sun'iy kelib chiqishga ega bo'lgan radionuklidlar suv, havo, oziq-ovqat mahsulotlari va boshqa yo'llar bilan kishilar organizmiga o'tadi.

Ma'lumki, suvlar tiriklik olamida juda muhim bo'lib, butun tiriklikni, yashashni ta'minlaydigan faktorlardan biri hisoblanadi. Barcha tirik organizmlarning asosiy

tarkibiy qismi suv hisoblanadi. Kishi organizmida taqriban 5% suv bo'ladi. Organizmning ayrim organlaridagi suv 80% gacha yetadi. Bir qator olimlar tomonidan o'tkazilgan tekshirishlarda suvlar tarkibida uran, radiy, toriy, kaliy-40 kabi tabiiy radioaktiv izotoplar aniqlangan. Suv kishilar tomonidan doimiy ravishda turli ko'rinishda iste'mol qilinishi sababli suv tarkibida bo'lgan radioaktiv izotoplar suv orqali kishilar organizmiga o'tadi. Suv doimiy iste'molda bo'lgani sababli yillar davomida organizmida radioaktiv izotoplar to'planadi. Bundan tashqari oziq-ovqat mahsulotlari tayyorlanishining asosida tuproq, o'simliklar turadi. Tuproq tarkibida radioaktiv izotoplar suvga nisbatan kattaroq miqdorda uchraydi. Radioaktiv izotoplar tuproqdan tomir orqali o'simlikka so'riladi, o'simliklar sug'oriladi, suv orqali ham o'simlikda to'planadi. Natijada o'simlikdan tayyorlangan oziq-ovqat mahsulotlari tarkibida ham qandaydir miqdorda radioaktiv izotoplar aniqlanadi.

Demak, suv tarkibida mavjud bo'lgan tabiiy radioaktiv izotoplar vaqt o'tishi bilan kishilar organizmiga o'tib, izotoplarning yarim yemirilish davriga va ekstrimentlarga bog'liq ravishda ichki nurlanish manbai bo'lib qoladi. Suvlar turli tog' jinsli orqali, foydali qazilmalar orqali, turli joylar orqali oqib o'tadi. Radioaktiv izotoplar suvlar oqib o'tgan joylardagi tuproqlardan, tog' jinslaridan yoki boshqa turli radioaktiv chiqindilar ko'milgan joylardan yuvilib suvlarga o'tadi. Ma'lum sharoitlarda suvdagi radioaktiv izotoplar miqdori ortib ketishi mumkin. Bu esa kishilar organizmiga radioaktiv izotoplarning ortib ketishiga, ularning ortiqcha nurlanishiga olib keladi. Kishilarning xavfsiz deb belgilangan chegaraviy miqdordan ortiqcha nurlanish organizmida hayot uchun xavfli bo'lgan turli patologik jarayonlarning rivojlanishiga sabab bo'ladi.

Shuning uchun ham atrof-muhit namunalarining, jumladan turli suvlarning radioaktivlik darajasini, uning o'zgarishini nazorat qilish tabiiy fanlar oldida turgan muhim muammolardan biri hisoblanadi.

Atom va yadro fizikasi kafedrasida qator yillardan beri atrof-muhit namunalarining radioaktivlik darajasi turli yadro-fizikaviy usullarda o'rganib kelinmoqda. Bu to'g'rida ko'pgina radioekologik ma'lumotlar to'plangan.

Radioaktiv elementlarning letosferada keng tarqalganligi sababli, ular tabiiy suvlarda ham keng tarqalgan. Lekin radioaktiv elementlar suvlarda yuqori miqdorda aniqlanishi ayrim hollardagina uchraydi. Suvlarda radioaktiv elementlar miqdorining ortishi geologik sharoitlar bilan bog'liq. Odatda tabiiy suvlar radioaktivligi aniqlanganda asosan suvdagi radiy, radon miqdori aniqlanadi. Buning sababi suvlar oqib kelayotgan tog'-jinslari, tuproqlar, turli tabiat namunalarida asosan uran uning yemirilishidan hosil bo'ladigan radioaktiv izatoplar keng tarqalgan. Uran tabiiy suvlarda yaxshi eriydi. Tuproqlardan yaxshi yuviladi, suvlarga o'tadi. Suvlar tarkibidagi radiy yoki radon miqdorini bilgan holda suvlardagi uran va boshqa radioaktiv izatoplar to'g'risida fikr yuritish mumkin. Shuning uchun ushbu magistrlik dissertatsiyasi ishida suvlarda radon miqdori aniqlandi.

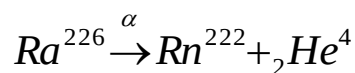
Ushbu magistrlik dissertatsiyasi ishida kishilar turli ko'rinishda iste'mol qiladigan ichimlik suvlari Samarqand shahridagi vodoprovod suvi, Samarqand shahri, Qashqadaryo quduq suvlari, Zarafshon daryosi, Jomboy ko'li suvlarining radioaktivligi ssintillyatsion gamma-spektrometrik usulda tadqiq qilindi. Bunda suvlar tarkibidagi radon-222 radionuklidining aktivligi aniqlandi. Namunalarining gamma-spektrlari kafedra qoshidagi «Yadro fizikasi» ilmiy laboratoriyasida ssintillyatsion gamma spektrometrda o'lchandi.

1.6 Radon-222 va uning xususiyatlari [6-7,9,12]

Radioaktiv elementlarning letosferada keng tarqalganligi sababli, ular tabiiy suvlarda ham keng tarqalgan. Lekin radioaktiv elementlar suvlarda yuqori miqdorda aniqlanishi ayrim hollardagina uchraydi. Suvlarda radioaktiv elementlar miqdorining ortishi geologik sharoitlar bilan bog'liq. Odatda tabiiy suvlar radioaktivligi aniqlanganda asosan suvdagi radiy, radon miqdori aniqlanadi. Buning sababi suvlar oqib kelayotgan tog'-jinslari, tuproqlar, turli tabiat namunalari asosan uran uning yemirilishidan hosil bo'ladigan radioaktiv izotoplar keng tarqalgan. Uran tabiiy suvlarda yaxshi eriydi. Tuproqlardan yaxshi yuviladi, suvlarga o'tadi. Suvlardagi uran yemirilishidan, suvlarda radiy, radon radionuklidlari hosil bo'ladi. Radon suvlarda yaxshi eriydi va suvning radioaktivligiga asosiy hissa qo'shadi. Suvlar tarkibidagi radiy yoki radon miqdorini bilgan holda suvlardagi uran to'g'risida fikr yuritish mumkin. Shuning uchun ushbu magistrlik dissertatsiyasi ishida suvlarda radon miqdori aniqlandi.

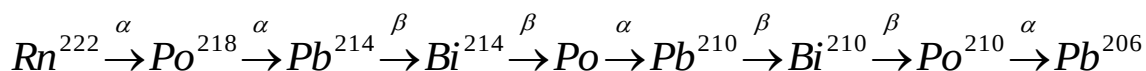
Tabiatda uchta (U^{238} , Th^{232} , U^{235} AcU) tabiiy radioaktiv oilalar mavjud. Ularning yemirilishidan xosil bo'ladigan (Ra, Rn, Pb^{214} , Bi^{214} , Pb^{212} , Ac^{228} , Tl^{208}) izotoplar ham radioaktiv bo'lib, ular atrof-muxit namunalari (suv, tuproq, tog'-jinslari, havo va boshqalar) tabiiy 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 hissasi 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 hosil bo'ladi.



Alfa-zarra gely yadrosidir (${}_2Ne^4$).

Tog' jinslarida, tuproqlarda, havoda, suvlarda, turli qurilish materiallarida tarqalgan Ra^{226} ning yemirilishidan hosil 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 navbatida 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'lgandagi 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 izotoplarning yarim yemirilish davrlari katta bo'lganligi uchun ular kishilar organizmida uzoq vaqt saqlanadi va organizmni nurlantirib turadi. Tekshirishlar bunday radioaktiv izotoplarning 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 patologik 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, havo 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 geologiyada 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.

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, hidsiz, zichligi $7,5 \cdot 10^{-3} \text{p/sm}^3$, havodan og'ir bo'lgan radioaktiv gaz, uning yarim yemirilish davri $T_{1/2}=3,8$ kun. Radon alfa –zarra chiqarib yemiriladi.
2. Atmosfera havosining 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 havosida radon miqdori katta, yog'ochdan oddiy g'ishtlardan qurilgan uylar havosida radon miqdori kichik.
7. Suvlar temperaturasi ortishi bilan radon kamayadi, suv qaynaganda suvda radon qolmaydi.
8. Eshik, derazalar yopilgan, shamollatilmagan xonalar havosida radon miqdori katta bo'ladi, tashqari havodagi radon miqdoriga qaraganda 8 marta atrofida katta bo'lishi aniqlangan. Xonalar shamollatilganda, derazalar ochilganda havo tarqaladi, ichkari havoda ham radon kamayadi, radon tarqaladi.
9. Atrof-muhitda temperatura qancha yuqori bo'lsa, radon havoda shuncha kam bo'ladi, havoda radonning kichik miqdori yoz oylariga to'g'ri keladi, katta miqdori esa kuz-qish oylariga to'g'ri kelishi aniqlangan. Atrof-muhitda 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. Suvlarda radon bo'lishi birinchidan radioaktiv gaz radonning yer ichki chuqur geologik gorizantlardan diffuziyasidir. Ikkinchidan geologik gorizantlardan radon oqimi yuqoriga ko'tarilib yer osti suvlarida erishi, uchinchidan yer osti suvlari radioaktiv jinslardan o'tganda suvlar bu jinslardagi radon bilan boyishi mumkin miqdori 10^{-11} g/l ga yetadi. Ko'pgina yelimlar geleonidan o'tkazilgan tatqiqotlar radonning suyuqliklarda yaxshi erishini ko'rsatadi. Radonning suvda erishi suv tempraturasiga bog'liq bo'lib ,tempratura ko'tarilishi bilan suvda radon erishi kamayadi .Radonning suvlardagi erishi suvning kimyoviy tarkibiga ham bog'liq bo'ladi. Suvda menerallar ko'p bo'lsa ,radonning erishi kam bo'ladi. Radon organik suyuqliklarda yaxshi eriydi. Masalan olifkova yog'ida ,neftli suvlarda yaxshi eriydi. Tabiiy suvlarining radioaktivligi aniqlangan odatda suv tarkibidagi radon va radiy miqdori aniqlanadi.

II BOB. Suvlar radioaktivligini ssintillyatsion gamma-spektrometrik usulda tajribada aniqlash

2.1 Radiy va radon orasidagi radioaktiv muvazanat[

Radiy-226 ning yarim yemirilish davri 1620 yil bo'lganligi sababli uning yemirilish tezligi juda sekin .Radiy yemirilishidan hosil bo'layotgan radon-222 yarim yemirilish davri kichik 3.8 kun bo'lganligidan radonning yemirilish tezligi radiynikiga nisbatan katta .Radiy bilan radon yarim yemirilish davrlarining bunday nisbatda bo'lishi radiy yemirilishidan hosil bo'layotgan radon miqdorini aniqlashda radiyning yemirilishi hisobga olmasdan radon miqdorini yemirilish qonuni asasidagi formulalar orqali hisoblashga imkon beradi.

Masalan ,germetik mahkamlangan idishda boshlang'ich paytda radiyning N ta atomi bo'lsin , t vaqtdan so'ng bu idishda to'plangan radon atomlari soni N_t bo'ladi. N_t ni quyidagicha aniqlash mumkin.

$$N_t = N_{\lambda_{Ra}} / \lambda_{Rn} (1 - e^{-\lambda t}) \quad (2.2)$$

Bunda λ_{Ra} —radiy uchun yemirilish doimiyligi , λ_{Rn} -radon uchun yemirilish doimiyligi. $t \rightarrow \infty$ bo'lganda ,idishdagi radiy bilan muvozanatda bo'lgan Radon atomlarining soni N_∞ bo'ladi.U vaqtda (2.2) formula asasida quyidagi formulani yozish mumkin.

$$N_1 = N_\infty (1 - e^{-\lambda t}) \quad (2.3)$$

$t=30$ kundan so'ng (2.3) formulaning o'ng tomoni birga yaqinlashadi ($1 - e^{-\lambda t} = 0.9967$) .Shuning uchun amalda radon va radiy orasida 30 kundan so'ng idish ichida to'plangan muvozanat yuzaga keladi . Radon inert gaz bo'lib ,boshqa elementlar bilan kimyoviy ta'sirlashmaydi.Radon -222 ning o'zi

$N = N_0 e^{-\lambda t}$ qonun asasida yemiriladi.Ushbu magistrlik dissertatsiyasi ishida turli suv manbalaridan olingan suv manbalari germetik mahkam idishlarda 30 kun

saqlanganda suvlardagi radiy va radon orasida radioaktiv muvazanat yuzaga kelgan deb hisoblab ,suvlar gamma spektrlari o'lchandi.Bunda radon -222 ning yemirilishidan hosil bo'ladigan Bi -214 ning yemirilishida ajralib chiqadigan 609,1764 kev energiyali fotocho'qqilardan foydalanish mumkin.Ushbu ishda foydalanilgan ssintillyatsion –gamma spektrometrning energiya bo'yicha ajrata olish qobiliyati(10-11%) hisobga olgan holda radon aktivligi kvant chiqishi $n_{\alpha}=17\%$ bo'lgan 1764 kev energiyali fotocho'qqi orqali hisoblanadi

2.2. Namunalarni o'lchashga tayyorlash[14]

Namunalarni o'lchashga tayyorlash juda muhim vazifa bo'lib, o'lchashdan olinadigan natijalarning ishonchliligi namunalarning qanday darajada to'g'ri tayyorlanganligiga bog'liq bo'ladi.

Radioaktiv izotoplar atrof-muhit namunalarida kichik miqdorda uchraydi. Shuning uchun ham ularning miqdorini aniqlashda aniq, ishonchli natijalar olish uchun tekshiriladigan namunalarda bo'lgan radioaktiv izotoplar turli usullar bilan quyushtiriladi, bir jinsli holatga o'tkaziladi, termik ishlanadi. Ushbu magistrlik dissertatsiyasi ishi oldiga qo'yilgan vazifa suvlarning radioekologik holatini o'rganishdan iborat. Bu vazifani bajarishda Samarqand tumani quduq suvi ,Qashqadaryo viloyati Kitob tumani quduq suvi,Qashqadaryo viloyati Kitob tumani Anhor -2 kanali suvi,Jomboy ko'li suvi, Zarafshon daryosi suvlaridan namunalar olindi. Namunalar 2013 yil mart oyida olindi. Olingan suvlar hajmi bir litrni tashkil etadi.Tekshiriladigan suv namunalarini turli suv manbalaridan olishda namuna olishning quyidagi talablariga rioya qilindi.Suvdan ochiq suv havzalari (ko'l,kanal,daryo,soylar ,buloqlar),quduqlar ,suv o'tkazgich quvirlaridan namunalar olish mumkin.Suvdan namuna olish usullari quyidagicha :

1.Ochiq suv havzalaidan namuna olishda qopqoqli idishlardan foydalaniladi;idishning hajmi kamida 1 litr bo'lishi lozim (chunki suvning γ – spektrini o'lchashda 1litrlı Marenilli idishdan foydalaniladi); suvning olishda idish suvga botiriladi ,bunda suv chayqalmasligi ,idishga sekin kirishi va idishda havo pufakchalari paydo bo'lmasligi lozim ,suv olingandan so'ng idish qopqog'i germetik

mahkamlanadi (skovch yoki boshqa vositalar bilan),namuna olingan aniq vaqti yozib qo'yiladi;

2.suv o'tkazgich quvirlaridan suv namunalari olishda qopqoqli idishlardan foydalaniladi,agar quvirdan suv chiqmay(oqmay) turgan bo'lsa,suv chiqishi boshlangandan so'ng 5 minut oqizib qo'yiladi(chunki ,quvirda turib qolgan suv chiqib ketishi lozim); suvni olishda diametric $d < 1$ sm bo'lgan shlangdan foydalanish lozim ,bunda shlangning bir uchi idish tubigacha tushish lozim ,bu bilan suvni idishga sekin tushishi ta'minlanadi;suvni olishda va suv chayqalmasligi ,idishda havo pufakchalari paydo bo'lmasligi lozim;idish maksimal darajada to'ldiriladi ,bunda qopqog'i yopilmagandan so'ng suv ustida havo qatlami bo'lmasligi lozim ;suv olingandan so'ng idish qopqog'i germetik mahkamlanadi(skovch yoki boshqa vositalar bilan);namuna olingan vaqt aniq yozib qo'yiladi.

Namuna spektrini o'chashdan oldin idishdagi suv Marinelli idishga solinadi.Suvni solishda u chayqalmasligi ,havo pufakchalari paydo bo'lmasligi va sekin solinishi lozim.Suv solingandan so'ng Marinelli idishning qopqog'i yopilib germetik mahkamlanadi(skovch yoki boshqa vositalar bilan).Olingan suvlar 30 kun mobaynida og'zi germetik mahkamlangan idishda saqlandi,so'ng ular quyidagi rioya qilgan holda Marinelli idishga to'ldirildi,usti qopqoq bilan yopildi ,Marinelli stakani sekinlik bilan suvni chayqatmasdan ssintilyatsion detektorga kiygizildi va spektri o'lchandi.Bunda suv detektorning ustki qismi va yon tomonlariga bir tekis taqsimlanadi, bunda o'lchash geometriyasi 2π ga yaqin bo'ladi, bu esa o'lchashlar effektivligini oshiradi.Aktivligi kichik bo'lgan tabiat namunalarining radioaktivligi o'lchanganda o'lchash effektivligining yuqori bo'lishi muhim o'rin tutadi.

Atrof-muhit namunalarining aktivligi past bo'lganligi sababli, o'lchash geometriyasini, o'lchash vaqtini, o'lchash effektivligini oshirish, olinadigan natijalarning aniqligini oshirishga imkon beradi. Suvlar tarkibida uchraydigan tabiiy radioaktiv elementlarning miqdori tuproqdagi miqdoriga nisbatan ancha kichik. Tabiat suvlarida uran miqdori o'rtacha 10^{-3} - $10^{-6}\%$ ni tashkil qiladi. Uran va toriyning suvlardagi miqdori tuproq va tog' jinslaridagi miqdoriga qaraganda 10^3 - 10^4 marta kichikdir. Toriy miqdori suvlarda uranga nisbatan ancha kichik miqdorda aniqlanadi,

ya'ni 10^{-5} - $10^{-6}\%$ ni tashkil etadi. Suvlarda tabiiy radioaktiv elementlar kichik miqdorda bo'lganligi sababli suvlar gamma-spektrlari 6 soat davomida o'lchandi. ergiyali fotocho'qqi orqali hisoblanadi.

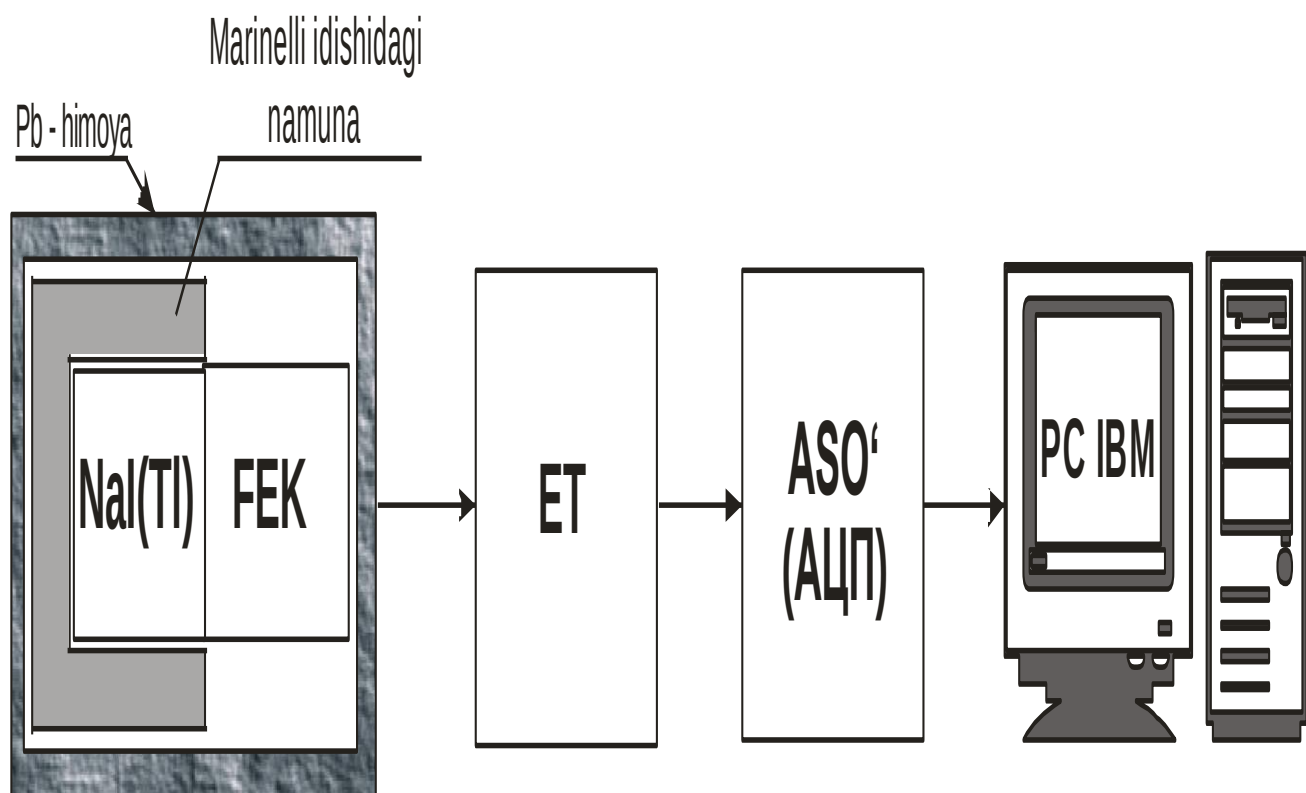
2.3. Ssintillyatsion gamma-spektrometr[18-19,13]

Zaryadlangan zarralarni va gamma-kvantlarni qayd qilishning etakchi usullaridan biri spektrometrik usul hisoblanadi. Ushbu magistrlik dissertatsiyasi ishini bajarishda NaJ(Tl)-kristalli ssintillyatsion gamma-spektrometrdan foydalanildi. Gamma-spektrometr quyidagi qismlardan iborat:

1. Ssintillyatsion schyotchik
2. Yuqori kuchlanish manbai
3. Katod takrorlagich
4. ASP (impuls amplitudasini sonlarga aylantirib beradigan blok)
5. Kompyuter
6. Printer

Foydalanilgan gamma-spektrometrda NaJ(Tl)-kristalining o'lchami 63x63 mm schyotchikning energiya bo'yicha ajrataolish qobiliyati Cs^{137} radionuklidining 661 keV energiyali gamma-chizig'ida 10% ni tashkil qiladi.

Gamma-spektrometrning blok sxemasi 4-rasmda keltirilgan. Quyida ssintillyatsion schyotchikning ish prinsipi keltiriladi

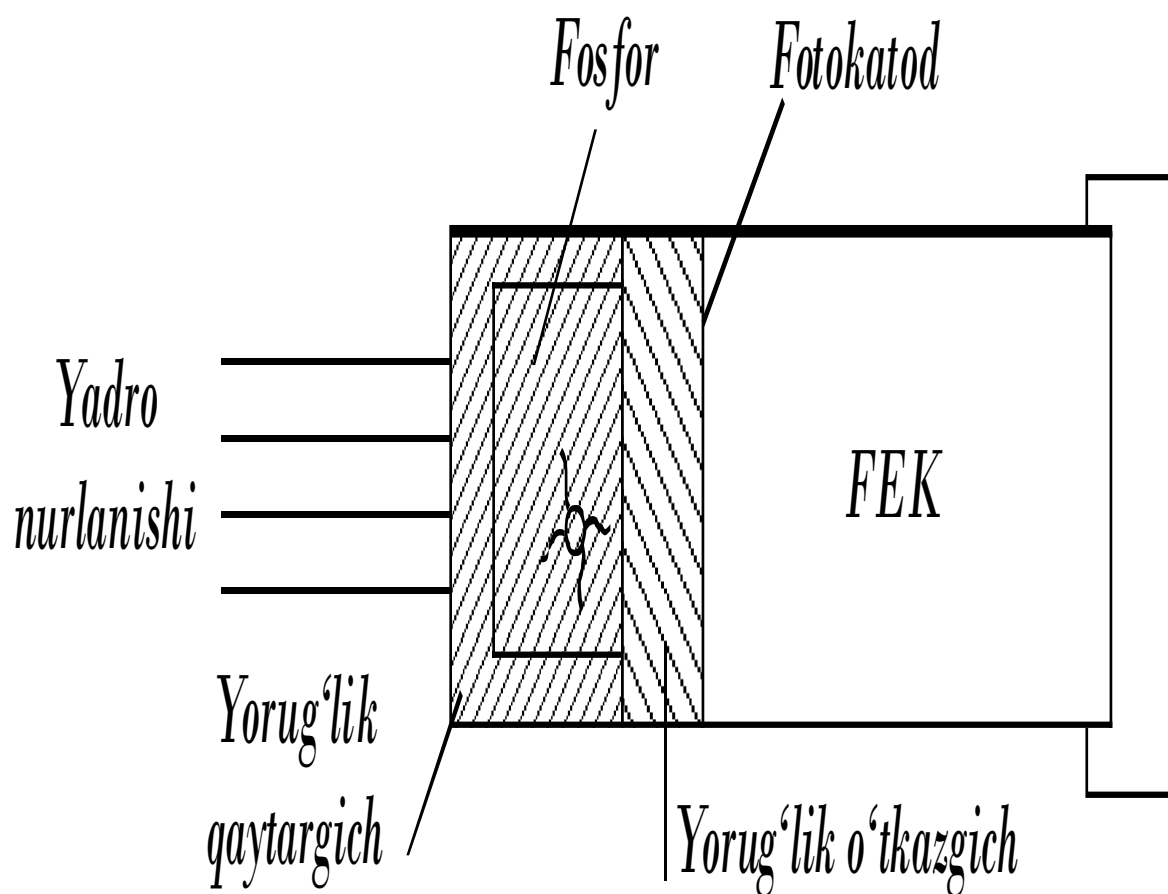


4-rasm . Ssintilyatsion gamma-spektrometrning blok sxemasi.

1. Ssintillyatsion schyotchik

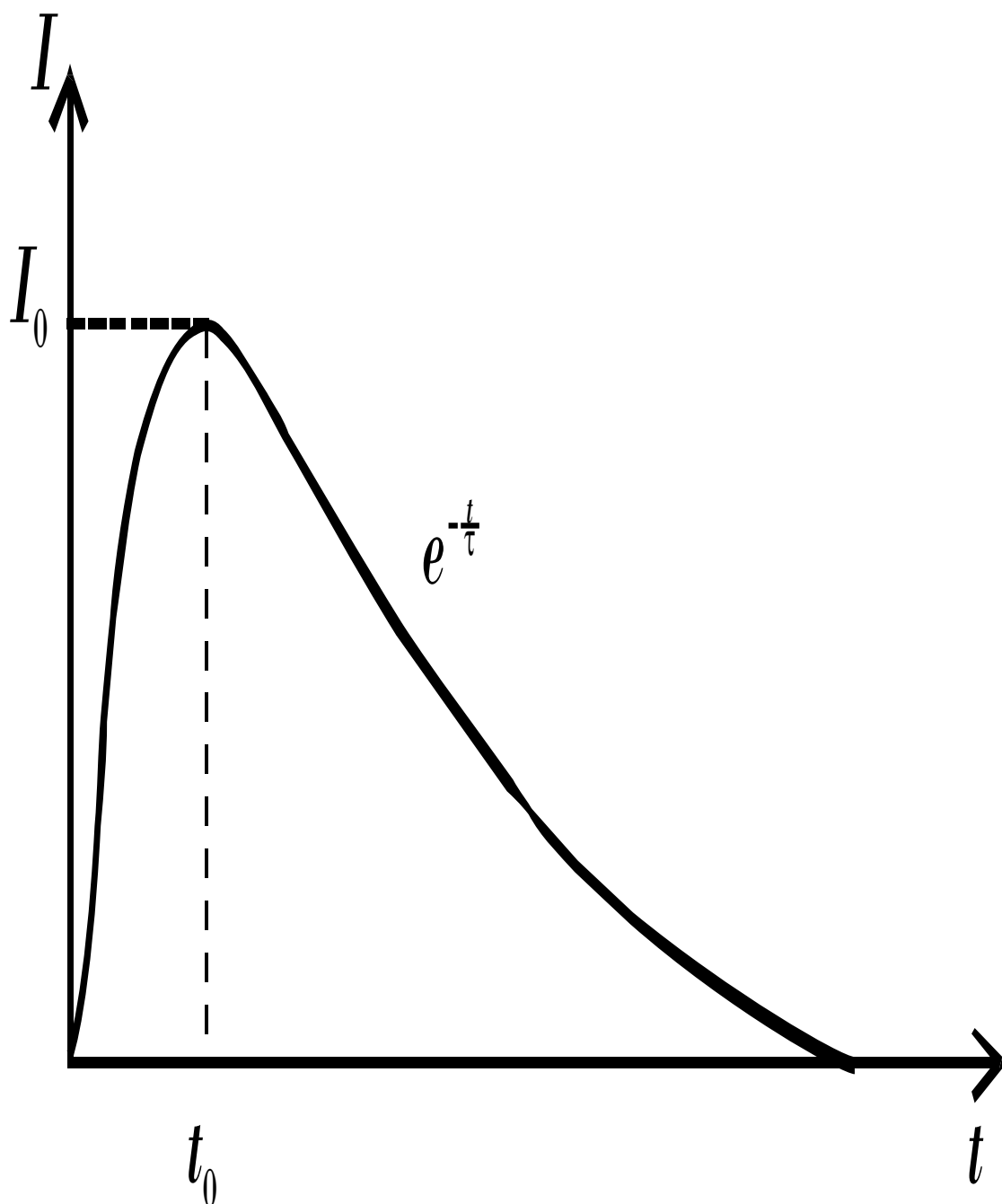
Lyuminessensiyalanish xususiyatiga ega bo'lgan muhitdan zarra o'tganda, qisqa muddatli kuchsiz yorug'lik nuri paydo bo'ladi. Bu yorug'lik nuri ssintillyatsion schyotchikda qayd qilinadi. Bu usulni 1903 yilda Vilyam Kruks taklif qilgan. Gaz to'ldirilgan detektorda asosiy rolni yadro nurlanishi ta'sirida vujudga keladigan elektr zaryadlari o'ynasa, ssintillyatsiya schyotchigida nurlanishni qayd qilish o'tgan zarra yo'lidagi atom va molekulalarning uyg'onishiga asoslanadi. Uyg'ongan atomlar juda qisqa vaqt 10^{-6} – 10^{-8} s yashaydi va elektromagnit nur chiqarib, asosiy holatiga qaytadi. Fosforda bu nurlanish chastotasi spektrining ko'zga ko'rinadigan yorug'lik sohasiga to'g'ri keladi. Shuning uchun zaryadlangan zarra bu muhitdan o'tganda kuchsiz yorug'lik nuri kuzatiladi. Shunday prinsip asosida ssintillyatsiya schyotchiklari tayyorlanadi. Ssintillyatsion schyotchikning tuzilishi 6-rasmda ko'rsatilgan

1934 yilda L.A.Kubetskiy tomonidan yaratilgan fotoelektron ko'paytirgich (FEK) mazkur schyotchiklarda ishlatila boshlagach, schyotchiklarning afzalligi ortib ketdi. Zamonaviy ssintillyatsion schyotchikning qanday qismlardan tuzilganligi 6-rasmda ko'rsatilgan. Ssintillyatsiya schyotchiklarining sifati va qo'llanilishi sohasi ko'p jihatidan unda ishlatiladigan fosfor-kristallning muayyan xossasiga, chunonchi, konversiya xususiyatiga, boshqacha aytganda, yutilgan zarra energiyasini yorug'lik energiyasiga aylantira olish xususiyatiga bog'liq. Fosfor-kristall yutilgan zarra yoki gamma-kvant energiyasining bir qismini yorug'lik energiyasiga aylantiradi. NaI(Tl) kristallining bu qobiliyati kuchliroq; u yutilgan energiyaning bir qismini yorug'lik energiyasiga aylantiradi.



5-rasm. Ssintillyatsiya schyotchigining tuzilishi.

Fosforning yorug'lik chiqarish darajasining yutilgan har xil zarralar energiyasiga bog'liqligi katta ahamiyatga ega. Ko'pchilik fosforlar yutilgan energiyaga proporsional ravishda yorug'lik energiyasi chiqaradi. Ammo bunday proporsionallikning og'ir zarralarga daxli yo'q; masalan, α -zarra uchun bunday bog'lanish chiziqli bo'lmagan qonunga buysunadi. Fosforning yorug'lik chiqarish intensivligi (I) vaqtga bog'liq (7-rasm).



6-rasm. Fosfordagi yorug'lik intensivligining vaqt bo'yicha o'zgarishi.

Forfor-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 sayin uyg'ongan atomlar soni va fosforning nurlanish intensivligi tobora ortadi. Taxminan $t_0=10^{-12}$ s dan keyin yorug'lik intensivligi eng yuqori darajaga yetadi. Bu vaqt ichida zarba 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 (10-rasmga qaralsin). Umuman intensivlik quyidagicha ifodalanadi:

$$I = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (2.1)$$

bu yerda t – ma'lum t_0 momentdan 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 qanchalik kichik bo'lsa, fotoelektron ko'paytirgichda hosil bo'ladigan impuls shunchalik qisqa, binobarin, schyotchikning ajratish qobiliyati shunchalik yuqori bo'ladi. Fosforning qayd qilish effektivligi har xil zarra uchun har - xil. Masalan, zichligi va atom nomeri katta bo'lgan fosfor γ -nurlarni yaxshi qayd qiladi.

Tez neytronlar ssintillyatsiyani bevosita vujudga keltirmaganligidan ularni qayd qilish ancha qiyin. Tez neytronlar elastik bo'lgan yadro to'qnashuvlarida energiyasining ma'lum qismini yadrolarga, ko'proq qismini massasi o'zinikiga teng bo'lgan zarralarga, masalan, protonlarga beradi. Ssintillyatsiyani yadrolar tug'diradi. Shuning uchun bunday neytronlarni qayd qilishda vodorodli ssintillyatorlar, masalan, organik kristallardan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Energiyasi kichik bo'lgan neytronlar (sekin neytronlar) ni qayd qilishda esa qo'shimcha yadro reaksiyalaridan foydalaniladi.

Hozirgi paytda zaryadli va zaryadsiz zarralarni qayd qilish uchun gaz, suyuq va qattiq holatlardagi organik va noorganik ssintillyatorlar ishlatiladi. Eng ko'p tarqalgan ssintillyatorlarning tavsiflari 2.2-jadvalda keltirilgan. Ssintillyatsion schyotchiklarda ishlatiladigan fosfor kristalining xillari juda ko'p.

2 .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 ssintillyatorlarda chaqnash hodisasi va uning yorqinligi ionizatsiya zichligiga bog'liq bo'ladi, ya'ni $\Delta E/\Delta x$ ga bog'liq bo'lar ekan. Ba'zi bir noorganik kristallarning xossalari 6-jadvalda keltirilgan.

6-jadval.

T/r	Kristall	Zichlik	Chiqariladigan yorug'likning o'rtacha to'lqin uzunligi	Yorug'lik chiqarish vaqti τ , mks	C_{ef}	x_b/x_v
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	$\sim 0,5$	< 1

ZnC(Ar) kristalida chaqnash vaqti 10^{-5} s ni tashkil qiladi

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, antrasen, talon va boshqalarni kiritish mumkin. Organik kristallar suyuq va qattiq ko'rinishda tayyorlanadi. Noorganik ssintillyatorlarning organik ssintillyatorlardan farqi shundaki, fotonlarning 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.

Organik ssintillyatorlarda chaqnash jarayoni asosan 3 ta jarayonda boradi: zaryadli zarralar tomonidan molekulalar-ning uyg'onishida 10^{-12} - 10^{-10} sekund; uyg'onish energiyasi-ning megiratsiya holatida 10^{-9} sekund; lyuminestsensiya fotonlarining chaqnashida 10^{-8} - 10^{-9} sekund.

Bizga ko'pgina organik kristallar ma'lum bo'lib, ularning ba'zi bir xususiyatlari 10-jadvalda keltirilgan.

Hozirgi vaqtda fizik eksperimentlarda stilben va antratsenlardan tayyorlangan ssintillyatorlar juda keng qo'llanilmoqda. Organik ssintillyatorlar o'rtasida antratsen-dan tayyorlangan ssintillyator konversion antratsen o'ta mustahkam kristall hisoblanadi. Haroratning tez o'zgarishi bilan unda yorug' paydo bo'lish mumkin.

Stilben juda kichik chaqnash vaqtiga ega ($\tau=6 \cdot 10^{-9}$ sekund) ammo, yuqori effektivlikka ega. Stilben kristallarini juda katta o'lchamlarda o'stirish imkoniyati mavjud. Bundan tashqari stilben kristallarini qayta ishlash juda ham qulay.

Suyuq ssintillyatorlar qattiq ssintillyatorlarga nisbatan qulayliklarga ega. Birinchidan, suyuq ssintillyatorlarni katta hajmlarda tayyorlash mumkin. Suyuq ssintillyatorlarni tayyorlash juda qulay va arzon. Tajribada hajmi bir necha ming metr kub bo'lgan suyuq ssintillyatorlar tayyorlangan. Suyuq ssinllyatorlarga xohlagan moddani va suyuqlikni aralashtirish juda qulay.

Plastik ssintillyatorlar bular organik ssintillyatorlardan tayyorlangan qattiq holatdagi aralashmalardir. Plastik ssintillyatorlarning suyuq ssintillyatorlarga nisbatan

ustunligi shundan iboratki, yaxshi optik xususiyatga va keng harorat intervalida ishlash qobiliyatiga ega. Ba'zi bir ssintillyatorlarni -200 dan $+700^{\circ}\text{C}$ harorat oralig'ida ishlatish mumkin. Plastik ssintillyatorlarni ham oddiygina usul bilan qayta ishlash mumkin.

Plastik ssintillyatorlarda yorug'likning hosil bo'lish mexanizmi ionizatsiya zichligiga bog'liq. Haroratning pasayishi bilan ionizatsiya harorati ikki marotabagacha oshishi mumkin.

Plastik ssintillyatorlar radiatsiyaga juda ham chidamli.

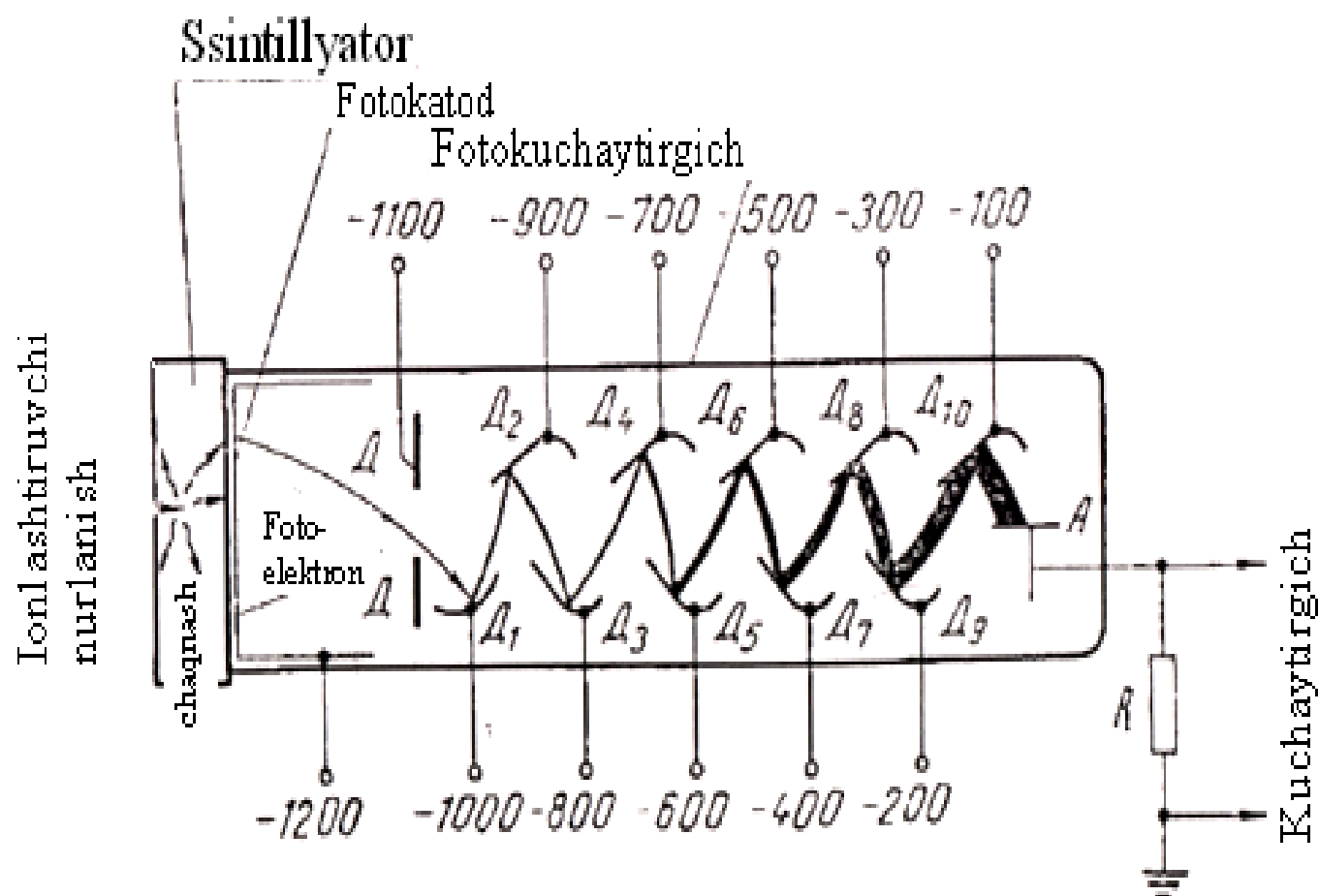
3. Fotoelektron kuchaytirgichlar va ularning xossalari

Fotoelektron kuchaytirgichlar (FEK) bular elektro-vakuum asboblari. Fotoelektron kuchaytirgich yordamida kuchsiz chaqnashlarni qayd qilish mumkin.

Fotoelektron kuchaytirgichning asosiy qismini fotokatod, dinodlar tizimi va anod tashkil qiladi. Yorug'lik fotonlari fotoeffekt natijasida fotoelektron kuchaytirgichning katodidan elektronlar urib chiqaradi. Hosil bo'lgan elektronlar dastlab birinchi keyin ikkinchi va hakoza dinodlardan elektronlarni urib chiqarib bir necha marotaba kuchaygan elektronlar oqimi anodga kelib tushadi va anod tokini hosil qiladi. Fotokatod, dinodlar va anod hammasi shishadan yasalgan vakuum kolbasiga joylashgan bo'ladi.

Fotoelektron kuchaytirgichlarda murakkab fotokatodlar ishlatilib uning toza metallardan farqi shundaki, yorug'likning ko'rinish diapazonida juda yuqori sezgirlik qobiliyatiga ega. Xuddi shuningdek, ultrabinafsha va infraqizil diapazon-larida ham. Fotokatodlar odatda yarim yarqiroq ko'rinishda tayyorlanadi. Fotokatodlar effektivligi odatda konversion effektivligi, integral effektivligi yoki spektral sezgirligi bilan baholanadi.

Samarqand davlat universiteti fizika fakulteti, Atom va yadro fizikasi kafedrasi, Yadro fizika laboratoriyasida ssintillyatsion spektrometrda ishlatiladigan fotoelektron kuchaytirgichning umumiy sxemasi 6-rasmda keltirilgan.



7-rasm. Fotoelektron kuchaytirgichning sxemasi

4. Fotoelektron kuchaytirgichlarning asosiy tavsiflari

Fotoelektron kuchaytirgichlarning asosiy tavsiflaridan biri bo'lib kuchaytirish ko'effitsiyenti hisoblanadi. Fotoelektron kuchaytirgichning kuchaytirish ko'effitsienti quyidagi formula orqali hisoblab topiladi:

$$M = \theta \delta^n$$

bu yerda θ – dinodlar yordamida ikkilamchi elektronlarni xarakterlovchi ko'effitsient; n – dinodlar soni; δ – dinodlardagi kuchaytirish ko'effitsiyenti.

Bir dinoddan ikkinchi dinodga elektronlar oqimining fokuslanishi dinodlarning shakliga bog'liq. Albatta dinodlar-ga beriladigan kuchlanishlar farqiga ham bog'liq bo'ladi.

Oddiy fotoelektron kuchaytirgichlarda anod toki taxminan 10^{-9} amperlarga teng bo'ladi. Anodda hosil bo'luvchi tokning qiymati yorug'lik chaqnashining intensivligiga proporsionaldir va chaqnash vaqtiga esa teskari proporsionaldir.

Fotokuchaytirgichning stabiligi fotokuchaytirgichlarga qo'yilgan asosiy talablardan biri hisoblanadi. Fotokuchaytirgichlarning stabiligi kuchaytirish ko'effitsientiga ham bog'liqdir. Kuchaytirish ko'effitsiyenti ichki va tashqi effektlarga bog'liq. Yuqori kuchlanish manbai orqali fotokuchaytirgichlarga tok berilganda kuchaytirish ko'effitsiyenti bir necha marotaba ortadi va asta-sekin maksimum-ga yetib keyin yana dastlabki holatiga qaytadi.

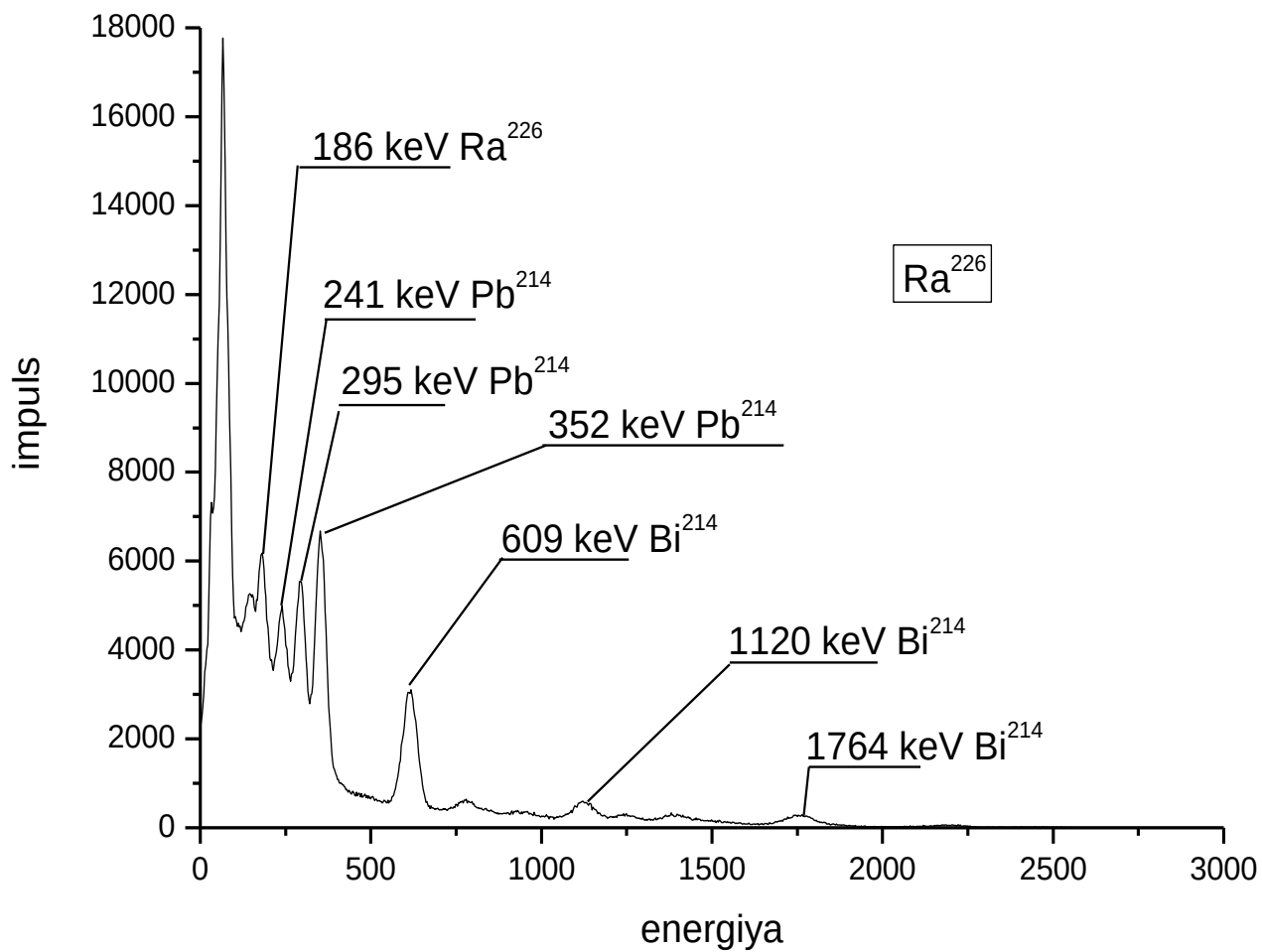
Kuchaytirish ko'effitsiyenti ko'pgina tashqi effektlarga bog'liq bo'lib, ular harorat, kuchlanish va magnit maydonlaridir. Magnit maydoni fotokuchaytirgichlarda ionlarning diodlarda fokuslanishida katta xalaqit beradi. Xuddi shuningdek, Yerning magnit maydoni ham fotokuchaytirgichlarning ishlash jarayoniga katta ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun ham fotokuchaytirgichlar ekranlashtiriladi.

5. Fotokuchaytirgichlarning shovqini.

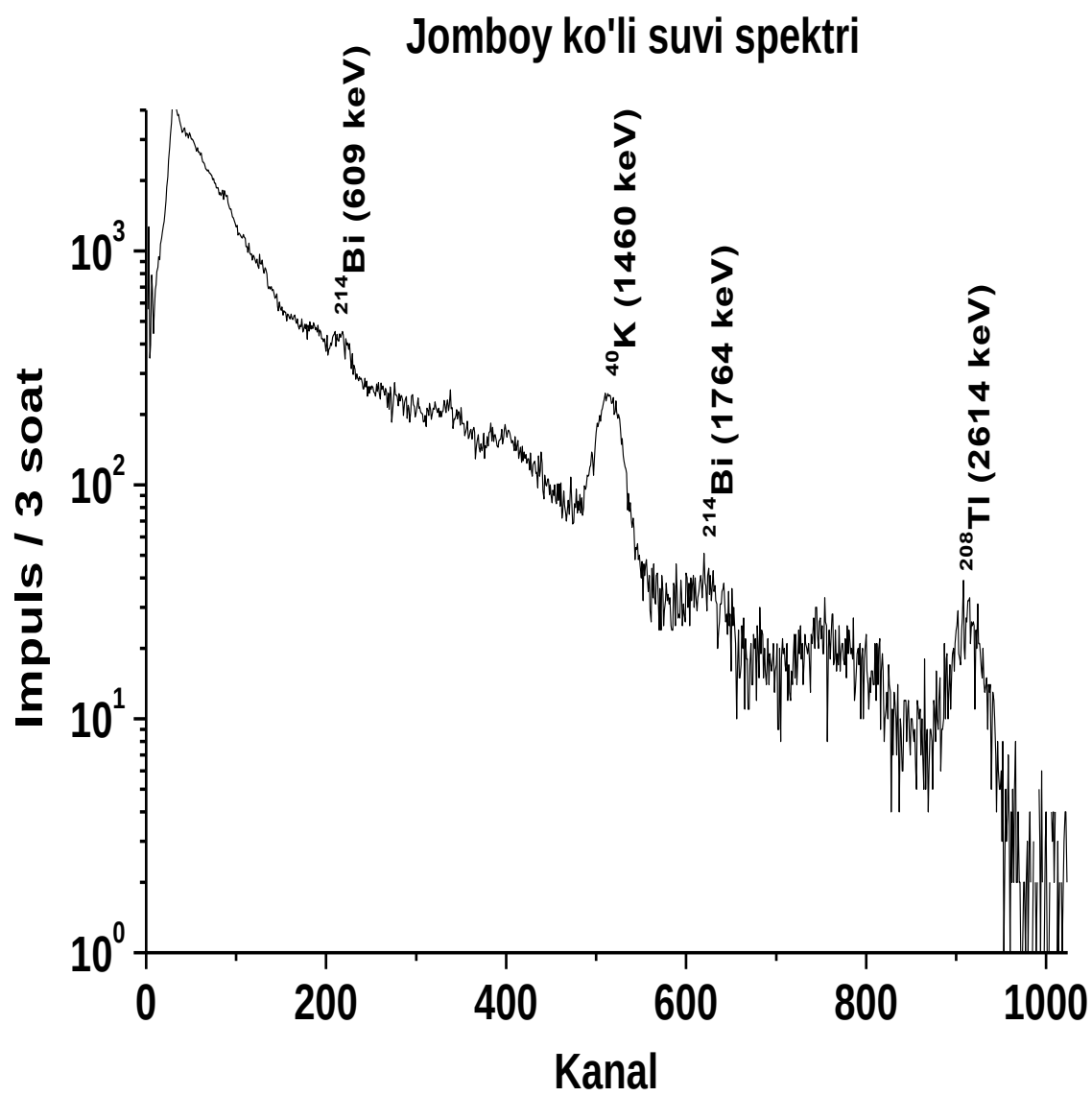
Fotokuchaytirgichlar to'la qorong'ulashtirilganda ham kuchlanish tagida bo'lganda hamma vaqti impulslar shovqini bo'ladi. Bu shovqinlar quyidagi effektlar natijasida hosil bo'ladi: fotokatod va dinodlar termoelektron emissiyasi natijasida; oqayotgan tok fluktuatsiyasi natijasida; avtoelektronemissiyasi natijasida; ion va optik teskari bog'lanishida va radioaktivlik natijasida. Bu hosil bo'luvchi shovqinlar past intensivlikka ega bo'lgan yorug'lik chaqnashlarini qayd qilishga xalaqit beradi.

2.4. Tekshirilgan suvlar namunalarining gamma-spektrlari

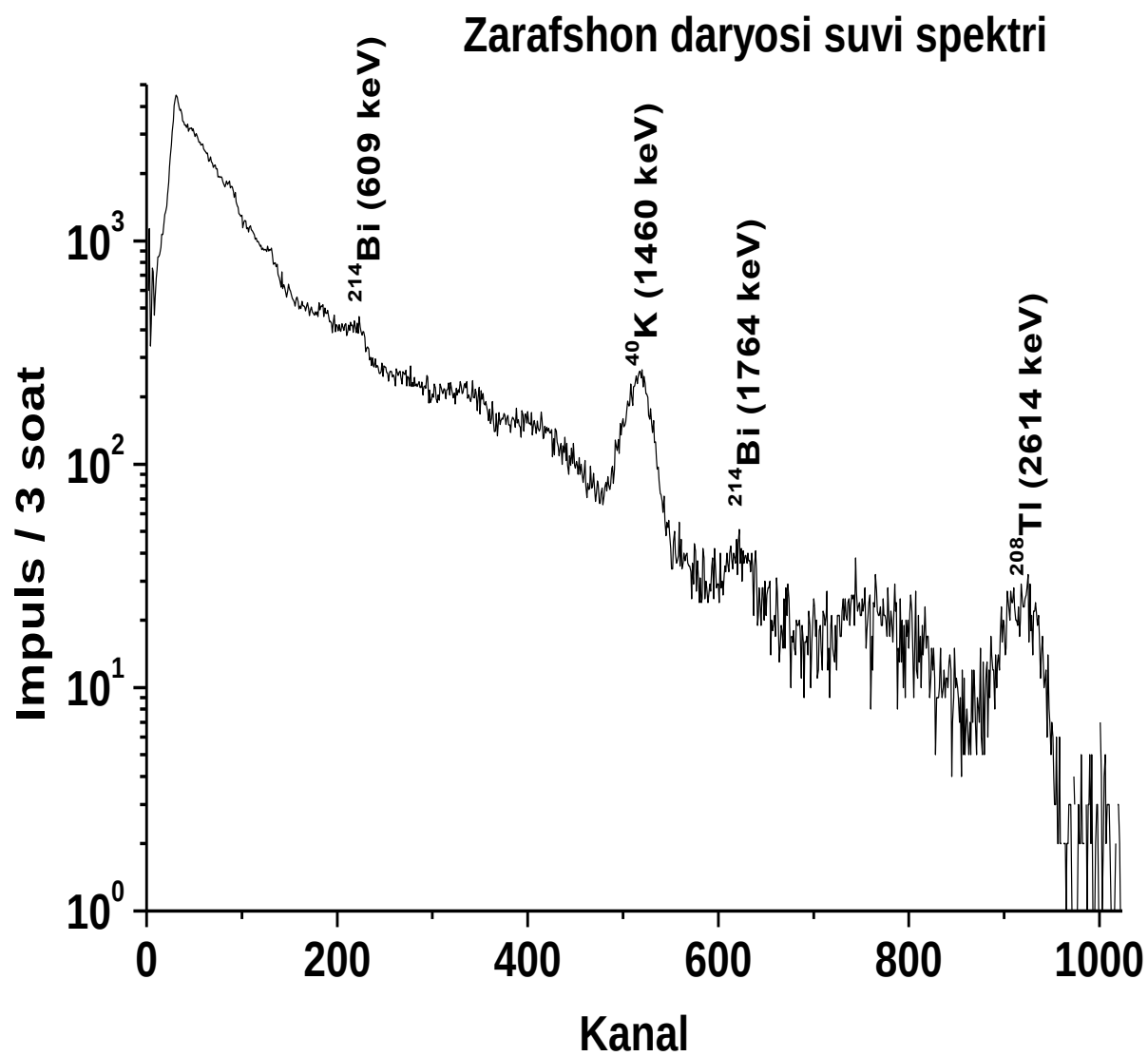
Radioaktiv elementlarning litosferada keng tarqalganligi sababli, ular tabiiy suvlarda keng tarqalgan. Lekin radioaktiv elementlar suvlarda yuqori miqdorda aniqlanishi ayrim hollardagina uchraydi. Suvlarda radioaktiv elementlar miqdorining ortishi geologik sharoitlar bilan bog'liq. Odatda tabiiy suvlar radioaktivligi aniqlanganda asosan suvdagi radiy, radon miqdori aniqlanqdi. Buning sababi suvlar oqib kelayotgan tog'-jinslari, tuproqlar, turli tabiat namunalarida asosan uran uning yemirilishidan hosil bo'ladigan radioaktiv izatoplar keng tarqalgan. Ikkinchidan uran tabiiy suvlarda yaxshi eriydi, tuproqlardan yaxshi yuviladi, suvlarga o'tadi. Suvlar tarkibidagi radiy yoki radon miqdorini bilgan holda suvlardagi uran va boshqa radioaktiv izatoplar to'g'risida fikr yuritish mumkin. Shuning uchun ushbu magistrlik dissertatsiyasi ishida suvlarda radon miqdori aniqlandi. Suvlar radioaktivligini aniqlashda Samarqand shaxri vodopravod suvi, quduq suvi, ko'l suvi, Zarafshon daryosi suvi, Anxor suvlarining gamma spektrlari 2.3 da keltirilgan ssintillyatsion gamma spektrometrda o'lchandi. Har-bir namuna spektri olti soat davomida o'lchandi. O'lchangan spektrlar 7-12 rasmlarda keltirilgan.



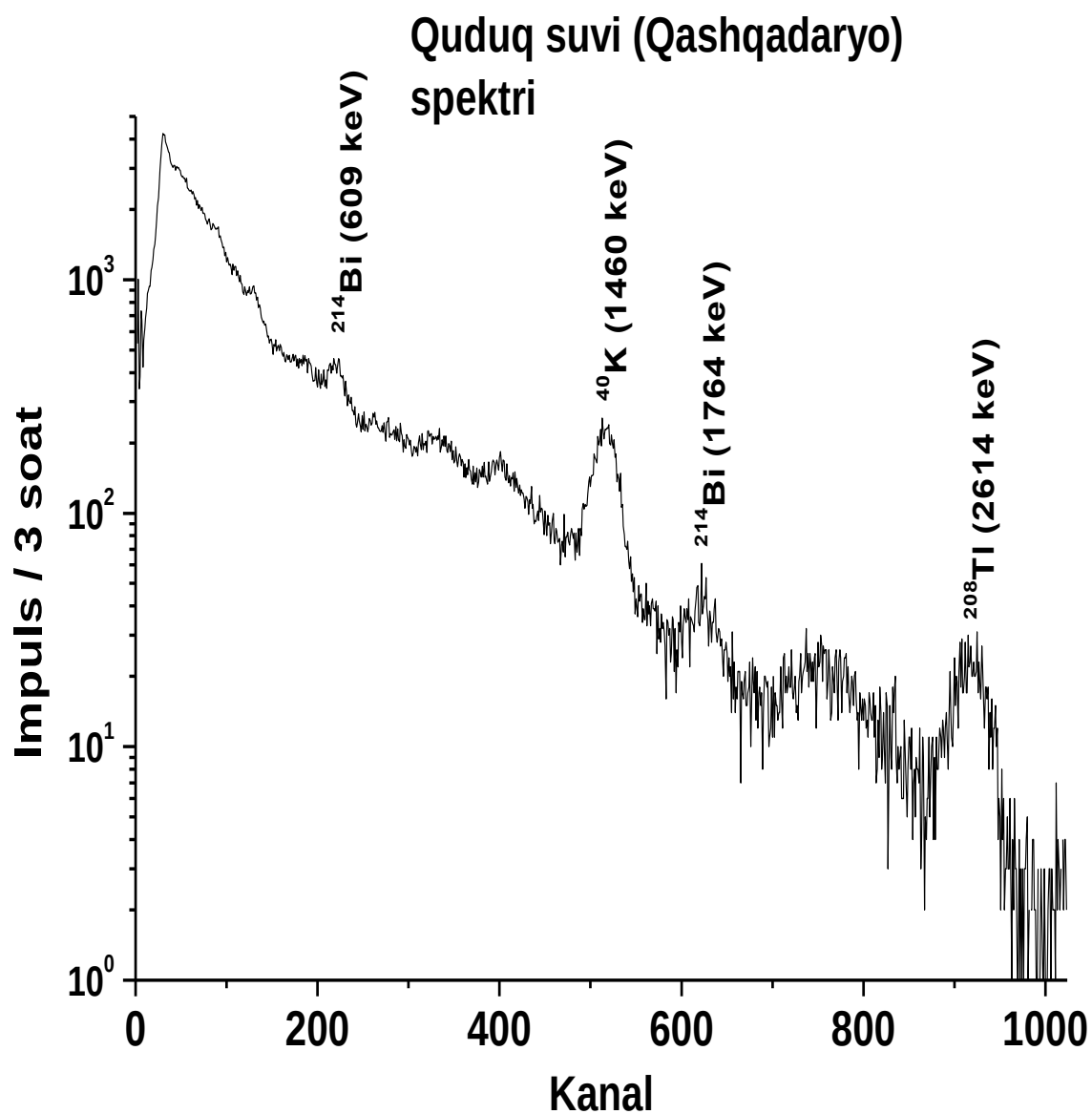
8-rasm. Etalon namuna. Zichligi 850-950 g/l bo'lgan Smola tarkibiga kiritilgan Ra^{226} RN ning gamma spektri



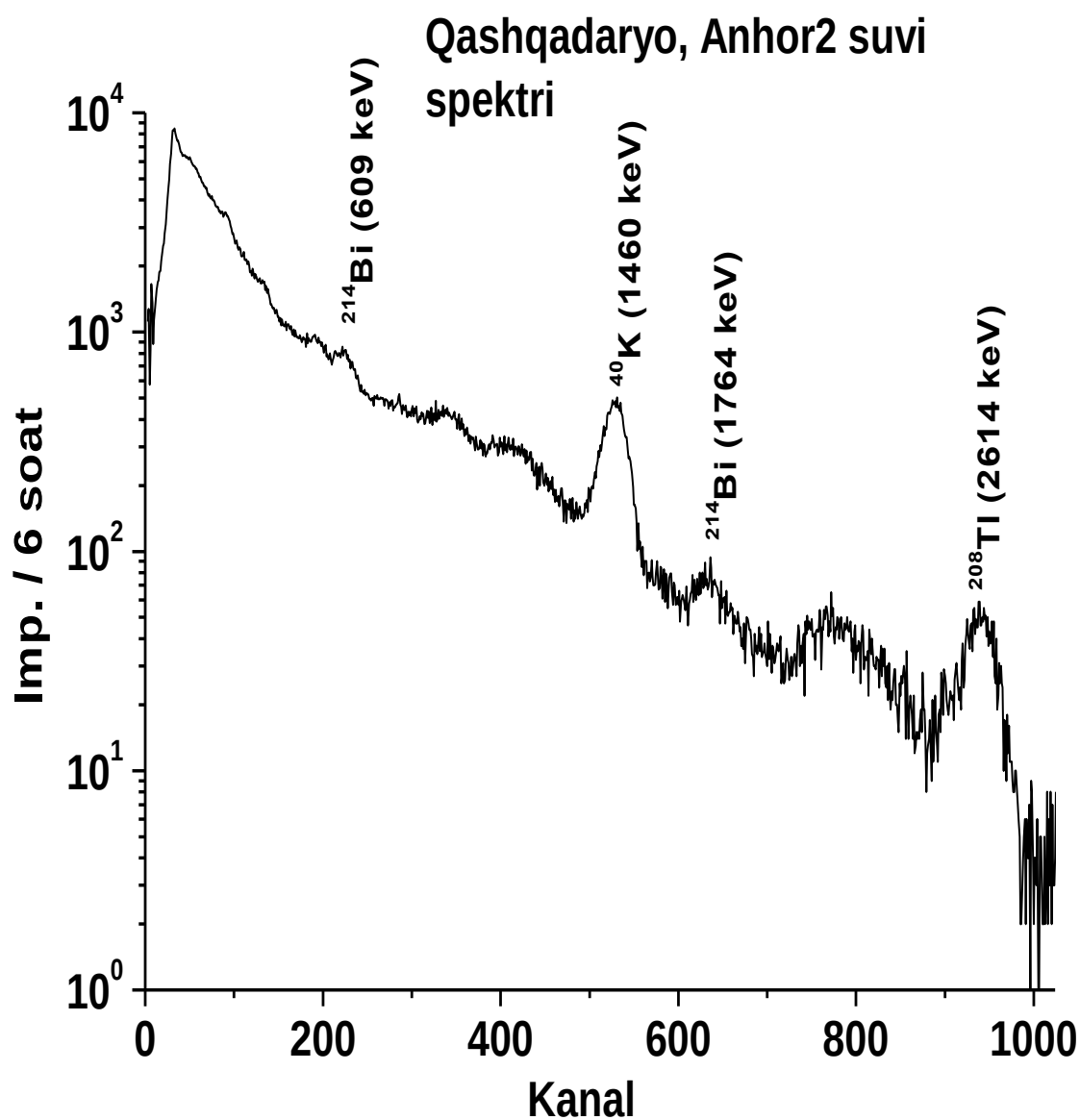
9-rasm. Jomboy ko'lisuvi gamma-spektri



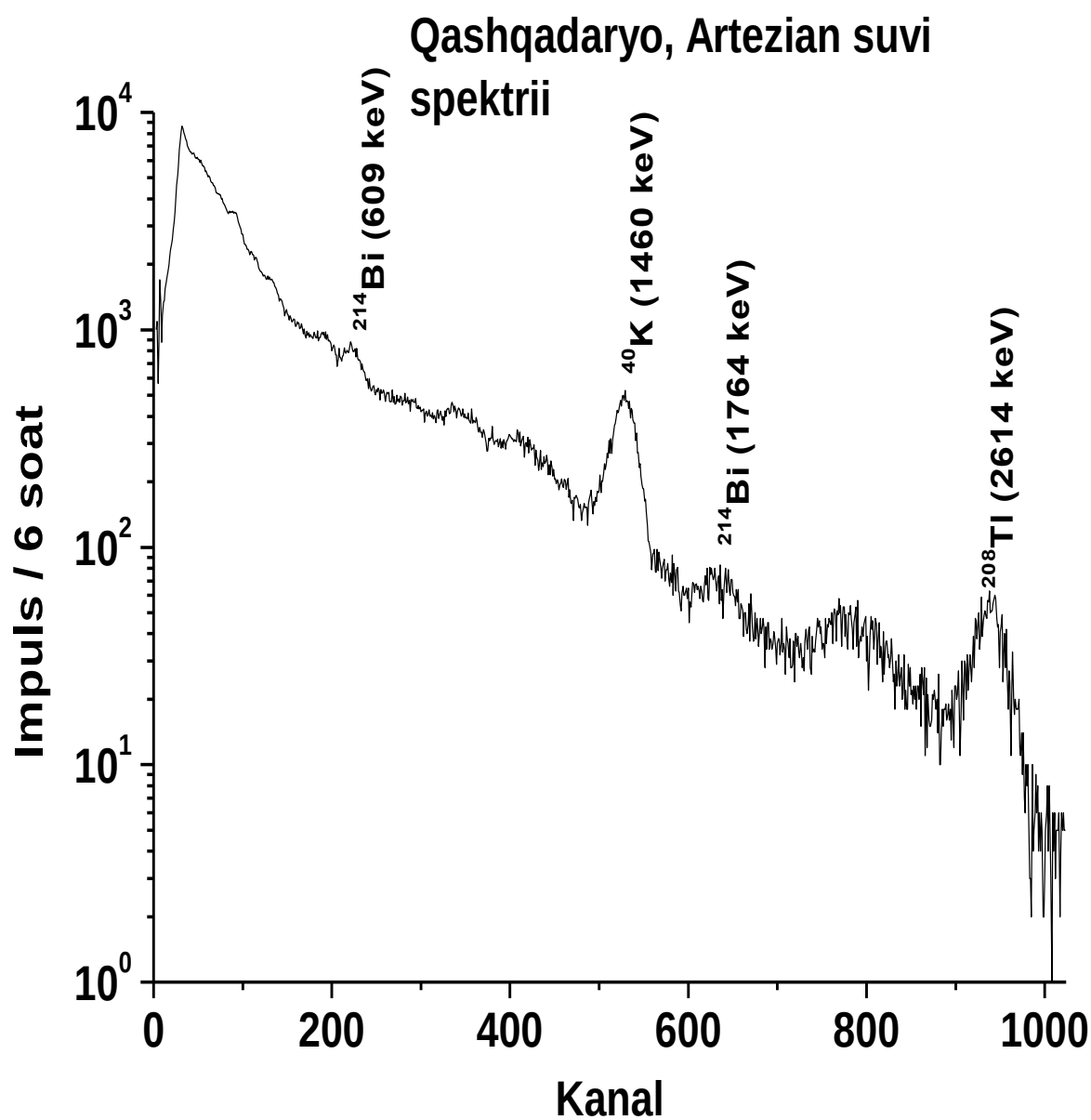
10-rasm. Zarafshon daryosi suvi gamma-spektri



11-rasm.Qashqadaryo quduq suvi gamma-spektri



12-rasm.Qashqadaryo Anhor-2 suvi gamma-spektri



13-rasm.Qashqadaryo Artezian suvi gamma-spektri

2.5. Tekshirilgan suvlarning gamma-spektrlarida aniqlangan radionuklidlar aktivligini hisoblash

Suvlar namunalarining o'lchangan spektrlarida hosil bo'lgan fotocho'qqilar-ning energiya bo'yicha identifikatsiya qilish, fotocho'qqilar yuzalarini hisoblash (impulslarda), spektrda aniqlangan radionuklidlarning solishtirma gamma-aktivliklarini hisoblash, spektrometrga ulangan komyuterga kiritilgan maxsus «MAPC» dasturida bajarildi. Foydalanilgan gamma spektrometrdagi suvlar gamma spektri o'lchangan sharoitda etalon manbaning ham gamma spektri o'lchandi Suv namunalarining aktivligi etalon radionuklid aktivlikligiga taqqoslangan holda nisbiy usuldan foydalanib hisoblanadi. Bunda quyidagi formuladan foydalanildi.

$$A_x = A_e \frac{S_x}{S_{et} \cdot m_x} \quad (2.4)$$

(2.4)-formulada S_x -suvlar gamma-spektrida aniqlangan har bir radionuklid fotocho'qqisining yuzasi, impulslarda; S_{et} -namuna spektrida aniqlanayotgan radionuklid etaloni fotocho'qqisining yuzasi, impulslarda; (namuna suyuqlik bo'lganda, suyuqlik hajmi litrlarda). A_x -tekshirilayotgan radionuklidning aktivligi, Bkda. A_{et} -namuna tarkibida aniqlanayotgan radionuklid etalonining aktivligi. A_{et} -etalon radionuklidning tayyorlangan vaqtdagi dastlabki aktivligi A_0 ni bilgan holda (radionuklid pasportida yozilgan) gamma-spektri o'lchangan kundagi aktivligi quyidagi formula yordamida hisoblanadi.

$$A_{et} = A_x e^{-\lambda t} \quad (2.5)$$

(2.5)-formulada A_x -etalon radionuklidning tayyorlangan vaqtdagi aktivligi. Etalon radionuklid tayyorlangan kundan boshlab yemiriladi, aktivligi (2.5)-formuladagi eksponensial qonun bo'yicha kamayadi. Shuning uchun etalon radionuklidning gamma-spektri o'lchangan kundagi aktivligi - A_{et} (2)-formula orqali hisoblanadi. Λ -radionuklidning yemirilish doimiyligi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0,693}{T_{1/2}} \quad (2.6)$$

$T_{1/2}$ -etalon radionuklidning yarim yemirilish davri, λ -uning yemirilish doimiyligi. (2.4)-formuladagi S_x yoki S_{et} -fotocho'qqilar yuzalari quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$S = \sum_{i=1}^n N_i - \frac{N_i + N_o}{2} \cdot n \quad (2.7)$$

(2.7)-formulada $\sum N_i$ -aniqlanayotgan fotopik hosil bo'lgan barcha kanallarda sanalgan impulslarning yig'indisi, N_b -fotopik hosil bo'lishi boshlangan kanalda sanalgan impulslar soni; N_o -fotopik hosil bo'lishida eng oxirgi kanalda sanalgan impulslar soni; n -fotopik hosil bo'lgan kanallar soni. (2.7)-formula yordamida tekshiriladigan suvlar va etalon radionuklidlar gamma spektrida aniqlangan radionuklidlarning yuzalari S_x va S_{et} hisoblanadi. (2.5)-formulada etalon radionuklidning bugungi kundagi aktivligi A_{et} hisoblanadi. A_{et} , S_x , S_{et} , m_x lar hisoblangandan so'ng namuna tarkibida aniqlanayotgan har bir radionuklidning solishtirma gamma-aktivligi (2.4)-formula yordamida hisoblanadi. Suvlar tarkibida radon aktivligini quyidagi radionuklidlar fotocho'qqilaridan foydalanib S_x ni hisoblash mumkin. Bunda fotopiklarning kvant chiqishlari hisobga olindi. Radioaktivligi o'lchangan suvlar tarkibida aniqlangan radonning aniqlangan solishtirma aktivlig 7 jadvalda keltirilgan. Har-bir suv namunasi ikki martadan o'lchandi .Natijalarning o'rtacha kvadratik chetlanishi quyidagi formula orqali hisoblanadi.

$$d = A_1 - A_2 \quad (1)$$

bu formulada A_1 va A_2 lar birinchi va ikkinchi o'lchashlardan olingan aktivliklar

$$A = A_2 + \frac{d}{2} \quad (2)$$

$$\delta = \sqrt{\frac{d^2}{2}} \quad (3)$$

$$\delta = \frac{\delta}{A} \cdot 100\% \quad (4)$$

4-formuladan hisoblangan nisbiy xato 15-20% ni tashkil etadi.

Radioaktivligi o'lgangan suvlar tarkibida aniqlangan R^{222} ning solishtirma aktivligi, Bk/l larda.

7 Jadval

Namuna	^{222}Rn ning solishtirma aktivligi, Bk/l
Qashqadaryo Quduq suvi	$18,6 \pm 10,8$
Zarafshon daryosi suvi	$< 2,6$
Jomboy ko'li suvi	$9,5 \pm 5,6$
Qashqadaryo Anhor suvi	$10,2 \pm 5,5$
Qashqadaryo Artizian suvi	$18,0 \pm 8,4$
Samarqand shahar quduq suvi	$20 \pm 10,3$

III-Bob. Olingan natijalar tahlili .

3.1 .Tekshirilgan suvlar gamma-spektrlarining tahlili .

Turli suv manbalaridan olingan suvlarning ssintillyatsion gamma-spektrometrdagi o'changan gamma spektrlari 7-12 rasmlarda keltirilgan .Umuman olganda o'lchangan barcha spektrlarda asosan quyidagi radionuklidlarning fotocho'qqilari namoyon bo'lgan .

– Uran -238 radioaktiv oilasiga tegishli radiy -226 ning yemirilishidan hosil bo'ladigan Bi-214 radionuklidining 609 keV va 1764 keV energiyali fotocho'qqilari (gamma nurlanish) sezilarli darajada ko'rinadi .

– Tabiiy radioaktiv izotop kali-40 ning yemirilishidan hosil bo'ladigan 1460^{keV} energiyali fotocho'qqi gamma nurlanish yaqqol namoyon bo'lgan .

– Toriy -232 oilasiga mansub bo'lgan Tl-208 ning yemirilishidan hosil bo'ladigan 2614 keV energiyali fotocho'qqi aniq namoyon bo'lgan.

Turli suv manbalaridan olingan suvlarning spektrlaridan ko'rish mumkinki ,turli xil suv manbalarida Bi-214 ,K-40,Tl-208 radionuklidlar aniqlanadi .Bunday hol suvlarning radioktivligi radiy, kaliy va toriy radionuklidlari bilan aniqlanishini,ya'ni suvlar tarkibida juda kichik miqdorda bo'lsada radiy,kaliy,toriy mavjudligini bildiradi .Lekin turli suvlar spektrlarida bu radionuklidlarining fotocho'qilarining o'lchamlari (fotocho'qqi hosil bo'lishidagi impluslar soni) turlicha ekanligini ko'rish mumkin .Bu esa turli xil suv manbalarida aniqlangan radionuklidlar miqdori turlicha bo'lishini ko'rsatadi. Suvlarning o'lchangan spektrlari bilan taqqoslanganda suv tarkibida hosil bo'lgan K⁴⁰ ning 1460 keV va Tl²⁰⁸ ning 2614 keV energiyali fotopiklar fon dajajasida ekanligini ko'rish mumkin .Suv spektridagi faqat Bi²¹⁴ ning 609 va 1764 keV fotopiklar fon darajasidagi shu fotopiklardan farq qilishi aniqlandi .Suv spektrida kaliyning 1460 keV va Tl²⁰⁸ ning 2614 keV fotocho'qqilarining fon darajasida aniqlanishining sababi oddiy sharoitida kaliy yoki toriy miqdori foydalanilgan gamma-spektrometr sezgirligi darajasidan kichik miqdorda bo'lishidir .Suvlarda kaliy va toriy miqdorini aniqlashda suvlarni maxsus bug'lantirib ,suv tarkibidagi elementlar jumladan radionuklidlar konsentratsiyasini oshirish ya'ni suvni

termik ishlab, tarkibidagi radionuklidlarni quyuqlatish kerak. Bunda kaliy va toriy miqdorini aniqlash imkoni tug'uladi. Ushbu ishda yelim idishda 30 kun saqlanganda suvdagi radiy yemirilishidan hosil bo'layotgan radon o'z ona yadrosi radiy bilan muvozanatda deb qaraladi va Bi^{214} ning 1764 keV energiyali fotocho'qqisi orqali suvdagi radon aktivligi aniqlanadi. Oddiy sharoitda tabiiy suvlarning radioaktivligi asosan radon -222 bilan belgilanadi.

3.2. Tekshirilgan suvlarda radon aktivligini aniqlash natijalarning tahlili . [6-7,9,21,22]

Ushbu magistrlik dissertasiya ishida turli suv manbalaridan olingan suvlarning tarkibidagi tabiiy radionuklid radon-222 aniqlangan natijalari aktivligi 7-jadvalda keltirilgan .Jadvaldan ko'rinadiki ,yer osti suvlarida –Samarqnd shahri ,Qashqadarya quduq suvlarida ,Qashqadaryo artizian qudug'i suvlarida radon aktivligi,yer usti suvlariga nisbatan yuqori miqdorda aniqlanadi ya'ni (18-20) Bk/l oraliqda aniqlandi.Buning sababini quyidagicha tushuntirish mumkin. Suvlarda kichik miqdorda bo'lganligi tufayli o'lchash xatoliklari yuqori ekanligini ko'rish mumkin .Umuman yer osti suvlari deganda yer qobig'i bo'shliqlarini to'ldiruvchi namlik tushuniladi.Ekologik jihatdan yer sirti suvlari kesimida joylashgan va umumiy suvlar aylanishida qatnashadigan namliklar ,suvlar ahamiyatga egadir.Yer ostida namliklar suvlari radionuklidlarning biosferadagi aylanishida boshqa suvlarga nisbatan kam qatnashadi.Masalan atmosferadagi namlik har 9 sutkada o'zgaradi,okean va dengiz suvlari taqriban 2000 yilda o'zgaradi.Yer osti suvlari har 8000 yilda o'zgaradi.Yer osti suvlarining harakat tezligi 1-1000m/yil ,Yer usti oqar suvlarida esa suvlarning harakat tezligi taqriban 100 km/sutka .Yer osti suvlarining radioaktivligi quyidagi faktorlarga bog'liq;fizika-geografik ,gealogik ,girogeologik ,fizika-kimyoviy,fizikaviy,biologik xossalarga sharoitlarga bog'liq. Yer osti suvlarining aktivligi tuproq qatlamlarida bo'lgan suvlarda erigan radionuklidlar miqdoriga bog'liq. Bir necha olimlar tekshirishlari ko'rsatadiki ,quduq suvlarining radioaktivligi turlicha bo'lib,(0.08-6.8) pkyuri oraliqda o'zgaradi. Yer osti suvlarining radioaktivligi ortishi ulardagi turli xil tuzlarning umumiy konsentratsiyasining ortishi bilan ortishi kuzatiladi. Yer osti suvlarining radioaktivligi

geografik ,geologik joylashishiga bog'liq.Masalan gaz olinadigan joylarda radiy aktivligi 0.8 pkyuri /l uran esa $6.7 \cdot 10^{-3}$ nkyuri/l .Shu joylardagi Yer usti suvlaridab esa radiy va uran aktivligi ming marta kichik .Farg'ona neft koniga yaqin quduqlari suvlarida radiy miqdori 0.4nkyuri/l kattalikda aniqlangan .Ozarboyjaon neft konlariga yaqin bo'lgan quduqlarda radiy miqdori 18 nkyuri/l(676 Bk/l) gacha yetadi.Shunday qilib, suv osti suvlaridagi radionuklidlar miqdori ,suvlarning qanday geografik zonalarda tuproqning qanday qatlamlarida joylashganligiga hamda suvlarda erigan turli tuzlar miqdoriga bog'liq bo'ladi .Shuni qayd qilish kerakki yer osti suvlarida radioaktiv izatoplar miqdori yer usti suvlariga nisbatan yuqori bo'lishi aniqlangan ,chunki yer osti suvlari biosferada suvlar aylanishida juda kuchsiz qatnashadi ,bog'lanish jarayonlari juda past bo'ladi.Yer osti turli tuzlari erigan holda bo'ladi,bu bilan esa tuzlar ,turli birikmalar tarkibidagi radionuklidlar ham Yer osti suvlari radioaktivligining baland bo'lishiga olib keladi.7-jadvaldan ko'rinadiki Yer ustida radon aktivligi quduq suvlaridagiga qaraganda ikki marta kichik qiymatda aniqlanadi,hatto Zarofshon daryosi suvida ≤ 2.6 Bk/l kattalikda aniqlanadi.Yer usti suvlarining radioaktivligi suvlar oqib o'tayotgan ,suvlar yuvib o'tayotgan jinslarning kimyoviy tarkibiga va bir qator iqlim-metereologik sharoitlarga bog'liq bo'ladi . Yer usti suvlarida radionuklidlar miqdori nisbatan kichik miqdorda bo'ladi. Shuning uchun bahorgi muz erishida ,kuchli sellar yog'ishidan daryolarga ortiqcha suvlar quyilganda ,daryo suvlarining radioaktivlik darajasi pasayib ketadi ,kuz-qish paytlarida esa suvlar radioaktivligi ya'na ortadi.Bir yil davamida oqar suvlarning kimyoviy tarkibi shunday kuchli o'zgaradiki daryolar o'z xossalari bilan bir guruhdan boshqa guruhga o'tadi. Suvlar kimyoviy tarkibining bunday keskin o'zgarishidan suvlarning radioaktivlik darajasi ham o'zgaradi.Yer usti oqar suvlari tarkibidagi radionuklidlar ularning eriydigan va erimaydigan fraksiyalari orasida proporsional ravishda taqsimlanmaganligi ko'pgina olimlar tomonidan aniqlangan .

Ko'l suvlarining radioaktivligi ko'lga kelib qo'yiladigan suvlarning radioaktivligiga bog'liq ,bo'lib o'zgarib turadi.Agar ko'llar namlik yuqori bo'lgan zonalarda joylashgan bo'lsa ,ko'lga suvlar tushushidan bug'lanish kuchaysa ,ko'ldan suv chiqishi yuzaga keladi .Bunda ko'l suvlarining aktivligi daryo suvlarining

aktivligi bilan deyarli bir xil bo'ladi. Ushbu ishda ham ko'l suvida aniqlangan radon aktivligi anhor suvining aktivligi bilan deyarli bir xil qiymatda aniqlanadi ya'ni (9.5-10.2) Bk/l oraliqda .

Umuman olganda 7-jadvaldek yer osti suvlari tarkibidagi radon-222 radionuklidining solishtirma aktivligi yer usti suvlari tarkibidagi radon -222 aktivligidan katta miqdorda aniqlanganligini ko'rish mumkin .Yer sharining ichki qatlamlari ancha qizdirilgan .Yerning sirtidan uning markaziga qarab chuqurlashib borilsa har-bir kilometrda yerning harorati o'rtacha 30°C ga ortib boradi 10 km chuqurlikda yerning tempraturasi 300° ga yetadi.Radioaktivlik hodisasi kashf etilib yer tarkibidagi radioaktiv moddalar miqdori aniqlangandan so'ng yer issiqligining asosiy manbalaridan biri uran,toriy va ularning yemirilish zanjiriga kiradigan radioaktiv izatoplarning hamda oilalarga kirmaydigan tabiiy radionuklid kaliy-40 ning yemirilishida ajraladigan energiya ekanligi aniqlandi.Vulqonlar hosil bo'lishi kabi tabiatdagi turli hodisalar yerning tabiiy radioaktivligi bilan bog'liq ekanligi aniqlangan.Uran va toriyning yari yemirilish davrlari katta bo'lib, milliard yillarni tashkil etadi.Shuning uchun ham bunday mulohazalardan ko'rinadiki yer sharining ichki qatlamlaridagi haroratning yuqori bo'lishining sababi yer ichki qatlamlarida uran ,toriy miqdorining yuqori bo'lishidan deb tushuntirish mumkin .Shuning uchun quduq suvlarida radon-222 ning katta miqdorda aniqlanishi yer osti suvlarida ham uranning katta miqdorda bo'lishini va uning yemirilishidan hosil bo'ladigan radiy-226 ,radon-222 radionuklidlari ham katta miqdorda bo'lishini ko'rsatadi.Ushbu ishda olingan natijalar ko'pgina olimlar tomonidan suvlarda radon -222 radionuklidini aniqlashdan olingan ,adabiyotlarda keltirilgan natijalar oralig'idadir.7-Jadvaldan ko'rinadiki yer usti suvlarida radon aktivligi quduq suvlaridagiga qaraganda ikki marta kichik qiymatda aniqlanadi,hatto Zarofshon daryosi suvida <2.6 Bk/l kattalikda aniqlanadi .Yer usti suvlarining radioaktivligi suvlar oqib o'tayotgan ,suvlar yuvib o'tayotgan jinslarning kimyoviy tarkibiga va bir qator iqlim-meyeralogik sharoitlarga bog'liq bo'ladi .Yer usti suvlarida radionuklidlar miqdori nisbatan kichik miqdorda bo'ladi.Shuning, uchun bahorgi muz erishida ,kuchli sellar yog'ishidan daryolarga ortiqcha suvlar qo'shilganda daryo suvlarining radioaktivlik

darajasi pasayib ketadi. Kuz-qish paytlarida esa suvlar radioaktivligi yana ortadi. Yer usti oqar suvlar tarkibidagi radionuklidlar ularning eriydigan va erimaydigan fraksiyalari orasida proporsional ravishda taqsimlanmaganligi ko'pgina olimlar tomonidan aniqlangan. Ko'l suvlarining radioaktivligi ko'lga kelib qo'yiladigan suvlarning radioaktivligiga bog'liq bo'lib, o'zgarib turadi. Agar ko'llar namlik yuqori bo'lgan zonalarida joylashgan bo'lsa, ko'lga suvlar tushishidan bug'lanish kuchaysa, ko'ldan suv chiqishi yuzaga keladi, bunda ko'l suvining aktivligi pasayadi. Bunda ko'l suvlarining aktivligi daryo suvlarining aktivligi bilan deyarli bir xil bo'ladi. Ushbu ishda ham ko'l suvida aniqlangan radon aktivligi anhor suvining aktivligi bilan bir xil qiymatda aniqlanadi, ya'ni (9.5-10.2) Bk/l oraliqda. Umuman olganda 7-jadvaldek yer osti suvlari tarkibidagi radon -222 radionuklidining solishtirma aktivligi yer usti suvlari tarkibidagi radon-222 aktivligidan katta miqdorda aniqlanganligini ko'rish mumkin. Ushbu ishda olingan natijalar ko'pgina olimlar tomonidan suvlarda radon-222 radionuklidini aniqlashdan olingan adabiyotlarda keltirilgan natijalar oraliq'idadir.

Suvlarning o'lchangan spektrlarida tabiiy radionuklid K^{40} ning fotocho'qqisi yaqqol namoyon bo'lganligini ko'rish mumkin.

Xulosalar

Bajarilgan magistrlik dissertasiyasi ishi natijalaridan quyidagicha xulosa qilish mumkin.

1. Ishni bajarishda umumiy ekalogiyaning asosiy bo'limi bo'lgan radioekalogiya yo'nalishi bo'yicha adabiyotlar ishlab chiqildi, o'rganildi. Radioekalogik tushunchalar o'zlashtirildi.
2. Ishni bajarishda foydalanilgan ssintillyatsion gamma-spektrometrning tuzilishi, ishlash prinsipi o'rganildi. Tabiat namunalari radioaktivligini o'lchashning gamma-spektrometrik usuli o'zlashtirildi.
3. Turli suv manbalaridan olingan suvlar tarkibida bo'lgan radon-222 ning solishtirma aktivligi aniqlandi.
4. Yer usti suvlarida aniqlangan radon miqdori yer osti suvlarida aniqlangan radon miqdoridan ikki marta kichik bo'lishi ko'rsatildi.
5. Yer osti suvlarida –Samarqand, Qashqadaryo quduq suvlari va Artezian qudug'i suvlarida radon-222 miqdorda ekanligi aniqlandi.
6. Yer usti(Zarafshon daryosi, Jomboy ko'li) suvlarida radon -222 ning aktivligi deyarli bir xil qiymatda aniqlanadi. (9.5-10.2) Bk/l.
7. Bajarilgan ishda yer osti suvlarida radon miqdori katta bo'lishi aniqlandi. Bu esa yerning ichki qatlamlarida tabiiy radioaktiv elementlar, miqdori katta bo'lishidan dalolat beradi. Yer osti (Samarqand tumani, Qashqadaryo Kitob tumani quduqlari va artesian qudug'i) suvlarida aniqlangan radon-222 ning aktivliklari orasidagi farqi ahamiyatli darajada emas (18-20) Bk/l.
8. Tekshirilgan suvlarda eng katta aktivlik K^{40} tabiiy radionuklidiga to'g'ri keladi.

Adabiyotlar

1. O'zbekiston Respublikasining konstitutsiyasi XI-bob ,50,55-moddalar Toshkent „O'zbekiston nashriyoti –matbaa ijodi uyi 2012-yil
2. Bekjonov R. „Atom yadrosi va elementar zarralar fizikasi’’ .Toshkent .1995.
- 3 . Muminov T.M „Xoliqulov A.B. „Xushmurodov Sh.X.,Yadro va elementar zarralar fizikasi’’ .Toshkent .2009.
4. Акоста В,Ковон К. Б.,„Основы современной физики’’ . М: „Просвещение,, 1981
5. К. Т. Тешабоев. „ Ядро ва элементар зарралар физикаси’’ . Тошкент ,, Укитувчи „нашриёти 1992
- 6 . Т .Д Очильви ,Н.А, Очильви и др „Практическое руководство по измерению радона и растворенного радия в природных водах простейшими методами’’ . Ленинград , 1946.
7. Перцов А .А „Ионизирующие изученное биосферы’’ . М : Атомиздат .1973
8. Сауков А .А. „Радиоактивны элементы Земли М’’ .Атомиздат. 1961 .
9. Несмиянов .А. И. „Природная радиоактивность’’ . М .1979
- 10 . Когон „, Гамма- спектрометрия природных сред’’ . М; Атомиздат 1976.
- 11 . Мейер Н. Б. Ваганов „, Основны ядерной геофизики’’ . Ленинград.1978
12. Ahmedova G.,Amirullayeva B.,„Tabiatda radionuklidlar ‘’ .Respublika ilmiy amaliy anjumani materiallari „, Olima ayollar uyushmasi “. Olimlarning qishloq taraqqiyoti va farovonligini ta'minlashdagi roli 10 sentabr ,2009 .
13. Шашкин ,В, А „, Методы анализа естествоуных радиоактивных элементов ‘’ . М .1987
14. Максимов М.Т Оджагов Г.О . „Радиоактивны загрязнения и их измерение’’ . М .Энергоиздат . 1989.
15. Ахмедова Г.Холикулов А.Б , Хушмурадов Ш.Х „,Маматкулов О.Б, Насриев А.Ш,. Алибеков А .С „, Хазратов „,„Радиоэкологические состояние

некоторых овощных культур”.Физика ва физика таълимининг замонавий муаммолари. Республика конференцияси тезислари . 11-12 декабрь, 2009 йил ,Самарканд.

16. Муминов И.Т., Ахмедова Г.Носиров М.,Сафаров А.Н.,Холикулов А.Б,Хушмуродов Ш.Х.,, Естественные и искусственные радионуклиды в почвах и донных отложениях Каратюбинских гор”. Хозирги замон физикасининг долзарб муаммолари .4-Республика илмий-назарий конференция материаллари, Термиз,2010.

17.Ахмедова Г.,Бозоров М.,Маматкулов О.Б., Тураев Э.С.,Хазратов Т. „Радиоэкологик муоммолар”. Узбекистонда таълим тизимида узаро хомкорлик сифати ва самарадорлигини оширишнинг назарий-амалий муоммолари .Иккинчи илмий-амалий конференция материаллари ,1-кисм, Самарканд ,2010 .

18 . Salixboyev U.S., Hazratov T.,Xushmuradov Sh.X., Laboratoriya darslari uchun o'quv qo'llanma “.Samarqand 2010.

19. Абрамов А.Н., Казанский Ю.А., Матусевич ЕС.,,Основы экспериментальной ядерной физики “.М.Атомиздат, 1986.

20. Ахмедова Г.Маматкулов О.Б .Мусаев К.А ,Х.Х.Тошпулатов,А.Норкулов. „Радиоэкологическое состояние некоторых образцов внешней среды “.Республика илмий-амалий конференцияси замонавий физиканинг долзарб муоммолари ,материаллар туплами.Бухоро -2012.

21.Сердюков.А,С.Ю.Т.Капитанов .,Изотопи радона и короткоживущие продукты их распада в природе ,, М.Атомиздат.1992.

22.Xushmurodov .Sh.X ,Ahmedova .G,A.Sh Nasriev.,Yarimo'tkazgichli gamma-spektrometrik usulda atmosfera havosi va suvlar tarkibidagi radon-222 miqdorini aniqlash ,,Analitik kimyo va ekologiya ning dolzarb muommolari,Respublika ilmiy-nazariy konferensiya materiallari ,Samarqand SanDu 2006.