

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA
TA‘LIM VAZIRLIGI**

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

R.A.UMURZAKOV

**RADIOMETRIYA VA YADRO
GEOFIZIKASI**

(O‘QUV QO‘LLANMA)

**5311700 - Foydali qazilma konlari geologiyasi, qidiruv va
razvedkasi (qattiq foydali qazilmalar) yo‘nalishi bakalavriat
o‘quv rejalari va namunaviy dasturiga muvofiq**

Toshkent - 2019

Umurzakov R.A. “Radiometriya va yadro geofizikasi”. (Ma’ruzalar to’plami). O’quv qo’llanma. Toshkent. ToshDTU, 2019. - 76 bet.

Ushbu ma’ruzalar to’plami 5311700 - Foydali qazilma konlari geologiyasi, qidiruv va razvedkasi (qattiq foydali qazilmalar) yo’nalishi bo’yicha bakalavriat talabalari uchun o’quv rejalari va tegishli ishchi dasturlarga muvofiq ilk bor o’zbek tilida tayyorlangan va o’quv qo’llanma sifatida foydalanishga mo’ljallangan. “Radiometriya va yadro geofizikasi” fanining mazmuni, asosiy tushunchalari, nazariy asoslari, uslublar tavsifi va ularni qo’llanishi to’g’risidagi ma’lumotlar qisqacha qilib berilgan. Ushbu qo’llanma nafaqat qattiq foydali qazimalar yo’nalishi, – quduqlarda geofizik tadqiqotlar olib borish, neftgaz geologiyasi, konchilik ishi ta’lim yo’nalishlari bo’yicha tahsil olayotgan talabalar, magistraturaning konchilik geologiyasi va geofizikasi, neftgaz konlarini geologiyasi va geofizikasi mutahassislari uchun ham tavsiya etiladi.

*Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti
ilmiy–uslubiy kengashi qaroriga muvofiq chop etildi.*

Taqrizchilar:

To’ychiyev A.I. - Seysmologiya instituti ilmiy ishlar
bo’yicha direktor muovini, fizika-
matematika fanlari nomzodi

Yusupov R.Yu. - ToshDTU dotsenti, geologiya-mineralogiya
fanlari nomzodi.

© Toshkent davlat texnika universiteti, 2019

Shartli qisqartmalar va atamalar

R va YG	- radiometriya va yadro geofizikasi
RA	- radioaktiv
RE	- radioaktiv element
GK	- gamma karotaj
GGK	- gamma-gamma karotaj
GGK-Z	- zichlikni o'rganish gamma-gamma karotaji
GGK-S	- selektiv gamma-gamma karotaji
NK	- neytron karotaj
NGK	- neytronli gamma karotaj
NNK	- neytron-neytronli karotaj
RRK	- rentgen-radiometrik karotaj
SNGK	- spektrometrik neytron gamma karotaj
INK	- impulsli neytron karotaj
SINK	- spektrometrik impulsli neytron karotaj
I_{EM}	- emanatsiya jadalligi
R_{EM}	- emanatsiyaga qodirligi
K_{EM}	- emanatsiya ko'effitsiyenti
NNK-IN	- neytron-neytronli karotaj - issiqlik neytronlar (energiyasi chamasi 0,025 eV (<i>elektorn Volt</i>) bo'lgan neytronlar)
NNK-U	o'lchashga asoslangan uslub - ust-issiqlik neytronlarni o'lchash asosidagi neytron-neytronli karotaj, ya'ni kinetik energiyasi gaz molekulasining issiqlik harakatidan yukori bo'lgan (>0,025 eV) neytronlarni o'lchashga asoslangan uslub
QGT	asoslangan uslub – quduqlarda geofizik tadqiqotlar

Soʻz boshi

Foydali qazilma konlarni izlash va razvedka qilishning turli uslublari mavjud. Ularni ichida geofizik uslublarning oʻziga xos vazifalari bor. Hech qanday mubolagʻasiz aytish mumkinki, geofizik uslublar konlarni izlash bosqichida ham, razvedka bosqichida ham sal kam asosiy oʻrin tutadi. Geofizik uslublarni qoʻllash asosida olingan maʼlumotlar boshqa uslublar natijalarini toʻldiradi va hal qiluvchi ahamiyatga ega. Radiometrik va yadroviy geofizika uslublarining ham turli geologik vazifalarni yyechishda imkoniyatlari ulkan. Geologik xaritalashdan boshlab, geologik kesimlarni aniqlashtirish va tarkiblash, kesim yotqiziqlarining litologiyasi, zichligi, radioaktivligi, kimyoviy xususiyatlarini oʻrganishdan to maʼdanli konlarni tarkiblash, chegaralarini aniqlashtirish va hosil boʻlgan vaqtlarini aniqlashgacha boʻlgan vazifalarni yyechishda radiometriya va yadro geofizika uslublarini oʻrnini boshqalar bosa olmaydi. Shunday ekan, bu fanni chuqur oʻzlashtirish va bilimlarni amalda qoʻllash koʻnikmalarini hosil qilish oliy oʻquv yurti talabasining kelajakda mutaxassis boʻlib yetishi uchun asosiy vazifalaridan biri boʻlib qoladi.

Ushbu maʼruzalar toʻplami ilk bor oʻzbek tilida tayyorlanib chop etilmoqda. Kelajakda qayta ishlanib toʻldirilgan oʻquv qoʻllanma yoki darslik shakliga aylanishi ajab emas. Ammo hozirgi kunda bilimingiz toʻla boʻlishi uchun qoʻshimcha adabiyotlardan foydalanish ham maslahat beriladi.

Siz aziz oʻquvchilarga bilim olishda ushbu maʼruzalar toʻplami yordam beradi degan ishonch bilan, muvaffaqiyatlar tilab qolamiz.

1. Kirish. Radiometriya va yadro geofizikasi fani va uning mazmuni

Geologiyaning turli vazifalarini yechishda boshqa geofizik uslublar qatorida radiometriya va yadro geofizikasi alohida muhim o'rin tutadi.

Tog' jinslarining *tabiiy radioaktiv nurlanishini* o'lchashga va geologik izlanishlarga qaratilgan kuzatuvlar "***radiometriya***" deb nomlangan. ***Yadro geofizikasi*** – tog' jinslarining chaqirilgan (undalgan) sun'iy radioaktiv nurlanishini o'lchash asosida yotqiziqalarda radioaktiv elementlari miqdorini o'rganishga qaratilgan fizikaviy qidiruv va razvedka usullarini birlashtiruvchi fandır.

Bu yo'nalish geofizika va geokimyo fanlarini tutashgan joyida paydo bo'lib, ayrim geokimyo vazifalarini yechishiga qaramay, o'zini usullari bilan ko'proq geofizikaga yaqin.

Tog' jinslaridagi radioaktiv o'zgarishlar asosida ilm-fanga ma'lum bo'lgan barcha atom tarkibidagi zarrachalarni fundamental o'zaro ta'sir etish xususiyatlari yotadi.

Radioaktiv bo'lgan Uran elementi 1789 yili nemis kimyogari M.Klaprot tomonidan ochilgan. Ammo Uranning radioaktiv nurlanishga egaligi 1896 yilda fransuz olimi Antuan A. Bekkerel tomonidan aniqlangan. Ushbu tarixiy ma'lumotlar bilan «Химические элементы» [Санакулов К.С. va boshq.,2016] kitobidan batafsilroq tanishish mumkin. O'tgan asrning boshlarida Mariya va Pyer Kyurilar bu sohada ancha izlanishlar olib borishgan. Ular minerallar nurlanishini o'rganib, radioaktiv element - radiyni ajratib olishgan.

Yadrolar xususiyatini geologiyada qo'llash radioaktivlik kashf etilishi bilan boshlangan. 1902 y. Pyer Kyuri, keyin esa ingliz fizigi E. Rezerford radioaktiv parchalanish tezligi geologik jinslarning yoshini o'rganishda vaqt o'lchovi etaloni sifatida ishlatilishi mumkinligini bildirgan. 1907 y. bu fikr amaliy rivoj topdi. B. Boltvud jinslardagi Uran miqdori va uning parchalanishi natijasida hosil bo'lgan modda - qo'rg'oshinni aniqlab, ilk bor

ayrim minerallar absolyut yoshini (240-1320 mln. y.) aniqlagan. Keyinchalik yosh aniqlash metodlari ancha rivojlanib, takomillashtirilib keldi -qo‘rg‘oshin, geliy, argon, rubidiy-stronsiy asosidagi metodlar rivojlandi.

O‘tgan XX asrning boshlarida radioaktivlikni Yerning issiqlik rejimiga, geodinamikasiga ta’siri, neft va gaz hosil bo‘lishidagi o‘rni to‘g‘risidagi gipotezalar paydo bo‘ldi. Ulardan keng tanilganlari: D.Djolli, A.Xolms va G.Kirshlarning geotektonik gipotezalari, V.V.Belousovning radiomigratsion gipotezasi.

1910 yilda akademik V.I. Vernadskiy tashabbusi bilan Rossiya Fanlar akademiyasida “Radiy” ekspeditsiyasi tashkil topgan edi. 1930 yillarda izlanishlar kengayib maxsus radiogeologiya – geologiyaning mustaqil sohasi yaratildi. Radiogeologiya rivojlanishiga V.I. Vernadskiy, A.E. Fersman, V.G. Xlopin, K.A. Nenadkevich, A.P. Sokolov, A.P. Gerasimov, I.E. Starik, G.V. Voytkevich, V.I. Baranovlar hissa qo‘shishgan edi.

Radioaktivlik xususiyati asosida Yerning absolyut yoshi, turli qatlamlarning, minerallarning paydo bo‘lish yoshlari aniqlangan. Radiogeologiyaning bu sohaga qo‘shgan hissasi bekiyosdir.

Yangi xomashyo sifatida Uran foydali qazilmasining qidiruvi yangi geologik muammolar rivojlanishiga olib keldi va bu xomashyo konlarini izlash metodlari va apparaturalari rivojlandi – piyodali, avtomobil va aerosyomka metodlari yaratildi.

Fizika fanining rivojlanishi amaliyotga stsintillyatsiya hisoblagichlarning joriy etilishiga olib keldi. Ular asosidagi apparaturalar yordamida tog‘ jinslarining nafaqat umumiy miqdorini aniqlash, balki ular tarkibidagi Uran, Radiy, Toriy, Kaliy elementlar miqdorlarini aniqlashning alohida imkoniyatlari paydo bo‘lgan.

Foydali qazilma konlarining qidiruvi bilan birga yadro geofizika va radiometrik metodlari ham geologiya sohasining turli amaliy masalalarini yechishda qo‘llanadi: geologik xaritalashda, dizyunktiv buzilmalarni aniqlash va kuzatishda, radioaktiv ma’danlarni aniqlashda, quduqlardagi geologik kesimlarni litologik tarkiblashda, turli xususiyatlarini o‘rganishda,

zilzilashunoslikda hodisalarni bashoratlashda: zilzila oldidan Yer osti suvlar tarkibida radon gazini ko‘payishining¹ kuzatilishi asosida amalda qo‘llanib kelinmoqda.

Asosiy radioaktiv xomashyo sifatida uran qazib chiqariladi. Uran konlari Avstraliyada, Argentinada, Braziliyada, Xindistonda, Ispaniyada, Rossiyada, AQSHda, Shvetsiyada, Janubiy Afrika Respublikasida, Qozog‘istonda, O‘zbekistonda topilgan va ishlab chiqariladi.

Yurtimizda uran konlari Uchquduq, Oltintog‘, Markaziy Qizilqum (Sugrali), Beshbuloq botiqligida, Sobirsoy, Ketmonchi, Meymesoy, Beshkak (Qoraqat botiqligi), Shimoliy va Janubiy Bukinoy (Nurata tog‘lari), Oqbuta va boshqa joylarda ochilgan. Hozirgi kunda O‘zbekistonda uran bo‘yicha razvedka qilingan zaxiralar 50-60 yilgacha qazib olishga yetadi (Sanaqulov Q.S. va b., 2017 y). Uran bilan birga uning muhim komponentlari ishlab olinadi: reniy, skandiy, lantanoidlar.

2. Radioaktivlik. Radioaktiv parchalanish qonuni

Aksariyat atom yadrolari (ma’lum 2500 dan 90%) barqaror emas. Bunday yadrolar o‘z-o‘zidan zarrachalar taratib, boshqa yadrolarga aylanadi. Yadrolarning bu xususiyati **radioaktivlik** deb ataladi. **Radioaktivlik** - ikki lotin so‘zi birikmasidan tashkil topgan: “radio” – “nur tarqatish” va “activus” – “amaliy ta’sir ko‘rsatadigan” - bu atom yadrosining o‘z-o‘zidan parchalanib boshqa holatlarga o‘tishi va zarrachalar tarqatish xususiyatidir.

Yadrolarning radioaktiv nurlanish tarkibi murakkab bo‘lishi IX asr oxirlarida aniqlangan. Radioaktiv elementdan taratilgan nurlanish magnit maydon orasidan o‘tayotganda zarrachalarning turli tomonga oqishi kuzatilgan (2.1-rasm). Bunday kuzatuvlar asosida E. Rezerford shogirdlari bilan radioaktiv nurlanish uch xil

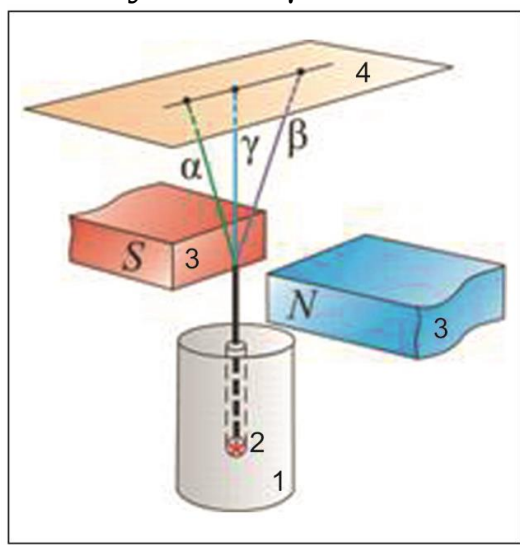
¹ Ilk bor O‘zbekiston olimlari akademik G.A.Mavlonov, akademik A.N.Sultonhojayev va b. tomonidan kashviyot qilingan

zarrachalardan iborat ekanligini aniqlagan: musbat, manfiy zaryadli va neytral zarrachalar. Bular α , β va γ nurlari deb nomlangan. α , β nurlari magnit maydonda turli tomonga ogʻgan boʻlsa γ nurlari magnit maydonda umuman hech qanday taʼsirga duchor boʻlmagan.

Radioaktiv nurlanishda zarrachalar oqimi turlarini aniqlash uchun oʻtkazilgan tajribada radioaktiv element (2) qoʻrgʻoshinli konteyner (1) ichiga joylashtirgan. Konteyner ustidagi kichik teshikcha oldida magnit (3) va ularning ustida fotoplastinka (4) oʻrnatilgan.

Bularning barchasi maxsus vakuumli moslama ichida joylashtirilgan. Nurlar qoʻrgʻoshinli konteyner ichidan chiqib, magnit maydon taʼsiri ostida turli tomonga ogʻishi aniqlangan. Ushbu natijalarga tayanib radioaktiv parchalanish uch toifada boʻlishi qabul qilingan:

- α -parchalanish -atom yadrosi α -zarrachalar tarqatishi;
- β -parchalanish - atom yadrosi elektron va antineytrino, pozitron va neytrino tarqatishi, yadro atomli elektron yutishi va neytrino tarqatishi;
- γ -parchalanish -atom yadrosi γ -kvantlar tarqatishi.



2.1 -rasm. Radioaktiv nurlanishda zarrachalar oqimi turlarini aniqlash uchun oʻtkazilgan tajriba (1-qoʻrgʻoshinli maxsus idish (konteyner), 2- radioaktiv element, 3- magnit maydon yaratuvchi magnit, 4 – fotoplasstinka)

Bundan tashqari atom yadrolarining o'z-o'zidan bo'linishi - bir biriga massasi bilan yaqin bo'lgan ikki bo'lakga parchalanishi ham aniqlangan.

Odatda barcha turdagi radioaktivlik gamma-nurlar tarqatish bilan sodir bo'ladi. Gamma -nurlanish - bu bikr , qisqa to'lqinli elektrmagnit nurlanishligi ma'lum bo'lgan. Bu gamma-nurlanish radioaktiv parchalanishda hosil bo'lgan qo'zg'ok mahsulotlar energiyasi chiqishining (pasayishining) asosiy shakli.

Radioaktiv parchalanishga duchor bo'lgan yadro - onalik (xususiyati bo'yicha), paydo bo'lgan yangi yadro esa - qizlik (kelib chiqishi bo'yicha) deb qabul qilingan. qizlik yadro, odatiy holat, - qo'zg'ok bo'lgani uchun o'zidan γ -foton taratadi.

Radioaktiv elementlar to'g'risida qisqacha ma'lumot

D. I. Mendeleyevning kimyoviy elementlar jadvalidagi elementlardan qo'rg'oshindan keyingi vismutdan ($^{209}_{83}Bi$) boshlab barcha elementlar (83 dan 103 gacha) radioaktiv hisoblanadi. Bundan tashqari quyidagi elementlar tabiiy birikmalarda hech bo'lmaganda bir dona radioaktiv izotopga ega: kaliy, kalsiy, vanadiy, germaniy, selen, kripton, rubidiy, sirkoniy, molibden, kadmiy, indiy, tellur, lantan, neodim, samariy, evropiy, gadolinii, lyutetsiy, gafniy, volfram, reniy, osmiy, platina, vismut, toriy, uran. Bularga texnetsiy va prometiy ham kiradi.

Bu ro'yxatga kirmagan uran va toriy qatoridan parchalanishda hosil bo'ladigan radioaktiv elementlar: radiy, radon va astat hamda atmosferada kosmik nurlar ta'sirida hosil bo'ladigan element uglerodir.

Ko'plab radioaktiv elementlar amaliy ahamiyatga ega. Uran va plutoniy atom reaktorlarida va yadro qurollarda ishlatiladi. Ayrimlari atomli elektr batareykalar ishlab chiqarishda qo'llanadi.

Ko'p yillab yashovchi tabiiy radioaktiv elementlarning izotoplari geologiya sohasida geologik vaqt o'lchovini olib borishda geoxronologiyada ishlatilgan.

19 K 39,098 КАЛИЙ	20 Ca 40,08 КАЛЬЦИЙ	21 Sc 44,9559 СКАНДИЙ	22 Ti 47,88 ТИТАН	23 V 50,9414 ВАНАДИЙ	24 Cr 51,996 ХРОМ	25 Mn 54,9380 МАРГАНЕЦ	26 Fe 55,847 ЖЕЛЕЗО	27 Co 58,9332 КОБАЛЬТ	28 Ni 58,70 НИКЕЛЬ
29 Cu 63,546 МЕДЬ	30 Zn 65,38 ЦИНК	31 Ga 69,72 ГАЛЛИЙ	32 Ge 72,59 ГЕРМАНИЙ	33 As 74,9216 МЫШЬЯК	34 Se 78,96 СЕЛЕН	35 Br 79,904 БРОМ	36 Kr 83,80 КРИПТОН		
37 Rb 85,4678 РУБИДИЙ	38 Sr 87,62 СТРОНЦИЙ	39 Y 88,9050 ИТРИЙ	40 Zr 91,22 ЦИРКОНИЙ	41 Nb 92,9064 НИОБИЙ	42 Mo 95,94 МОЛИБДЕН	43 Tc 98,9062 ТЕХНЕЦИЙ	44 Ru 101,07 РУТЕНИЙ	45 Rh 102,9055 РОДИЙ	46 Pd 106,4 ПАЛЛАДИЙ
47 Ag 107,868 СЕРЕБРО	48 Cd 112,40 КАДМИЙ	49 In 114,82 ИНДИЙ	50 Sn 118,71 ОЛОВО	51 Sb 121,75 СУРЬМА	52 Te 127,60 ТЕЛЛУР	53 I 126,9045 ИОД	54 Xe 131,30 КСЕНОН		
55 Cs 132,9054 ЦЕЗИЙ	56 Ba 137,34 БАРИЙ	57 La 138,9055 ЛАНТАН	58 Ce 140,12 ЦЕРИЙ	59 Pr 140,9077 ПРАЗЕОДИЙ	60 Nd 144,24 НЕОДИЙ	61 Pm [145] ПРОМЕТИЙ	62 Sm 150,36 САМАРИЙ	63 Eu 151,96 ЕВРОПИЙ	64 Gd 157,25 ГАДОЛИНИЙ
65 Tb 158,9254 ТЕРБИЙ	66 Dy 162,50 ДИСПРОЗИЙ	67 Ho 164,9304 ГОЛЬМИЙ	68 Er 167,26 ЭРБИЙ	69 Tm 168,9342 ТУЛИЙ	70 Yb 173,04 ИТТЕРБИЙ	71 Lu 174,967 ЛЮТЕЦИЙ			
72 Hf 178,49 ГАФНИЙ	73 Ta 180,9479 ТАНТАЛ	74 W 183,85 ВОЛЬФРАМ	75 Re 186,207 РЕНИЙ	76 Os 190,2 ОСМИЙ	77 Ir 192,22 ИРИДИЙ	78 Pt 195,08 ПЛАТИНА			
79 Au 196,9665 ЗОЛОТО	80 Hg 200,59 РУТУТЬ	81 Tl 204,37 ТАЛЛИЙ	82 Pb 207,2 СВИНЕЦ	83 Bi 208,9804 ВИСМУТ	84 Po [209] ПОЛОНИЙ	85 At [210] АСТАТ	86 Rn [222] РАДОН		
87 Fr [223] ФРАНЦИЙ	88 Ra 226,0254 РАДИЙ	89 Ac [227] АКТИНИЙ	104 Ku [261] КУРИТОВИЙ	105 (Ns) [261] НИЛЬСБОРИЙ					
92 U 238,0289 УРАН	93 Np 237,0482 НЕПТУНИЙ	94 Pu 244,0642 ПУТОНИЙ	95 Am 243,0613 АМЕРИЦИЙ	96 Cm 247,0743 КЮРИЙ	97 Bk 247,0713 БЕРКЛИЙ	98 Cf 251,0795 КАЛИФОРНИЙ	99 Es 252,0839 ЭЙНШТЕЙНИЙ	100 Fm 257,1015 ФЕРМИЙ	101 Md 258,1039 МЕНДЕЛЕВИЙ
102 No 259,1089 НОБЕЛИЙ	103 Lr 260,1053 ЛОУРЕНСИЙ								

2.2-rasm. D.I.Mendeleyevning kimyoviy elementlar davriy jadvalidagi radioaktiv elementlar (to'g'ri burchakli qalin chiziq bilan 83-Vismutdan boshlab 103-Lourensiy gacha – radioaktiv elementlar, doira bilan – tarkibida hech bo'lmasa bitta radioaktiv izotop bo'lgan elementlar belgilangan)

Radioaktiv nurlarining fizik mazmuniga bizda alohida ma'ruza bag'ishlangan. Biz bu yerda radioaktiv parchalanish qonuniyati to'g'risida so'z yuritamiz.

Radioaktiv parchalanish qonuni

Har bir radioaktiv modda katta hajmdagi radioaktiv atomlarga ega. Radioaktiv elementlar vaqt davomida parchalanib, o'zidan nurlanish energiyasini chiqarishi tufayli massasi kamayib boradi va bu jarayon turli "nuklidlar" (radioaktiv elementlar) hosil bo'lib, tamomila tugaguncha – yadro turg'unlik xususiyatiga yetguncha davom etadi. Bunday parchalanishlar zanjirli parchalanish deyiladi, ketma-ket hosil bo'layotgan nuklidlar

radioaktiv qator deyiladi. Masalan, uran-238, uran-235 va toriy-232 parchalanish jarayonida oʻzlariga xos qator hosil qilishadi va oxirgi turgʻunlikka ega boʻlgan nuklidlar qoʻrgʻoshin-206, qoʻrgʻoshin -207 va qoʻrgʻoshin -208 bilan yakunlanadi.

Radioaktiv elementning massasi ikki barobariga kamayish vaqtini T deb belgilab, uni yarim parchalanish vaqti deb qabul qilingan. Turli radioaktiv elementlarning yarim parchalanish (T) vaqti har xil (2.1-jadval).

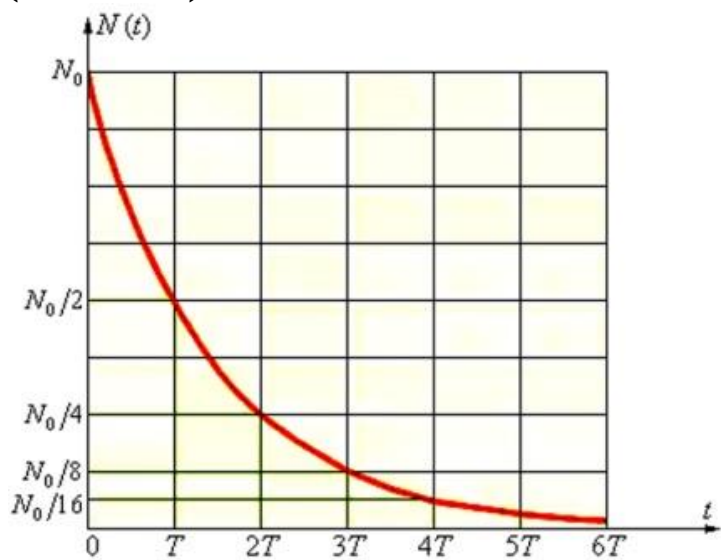
Boshlangʻich modda parchalanishining vaqt boʻyicha oʻzgarish konuni aniqlangan. U quyidagi eksponentsial koʻrinishga ega:

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

Bu yerda N_0 - radioaktiv yadro boshlangʻich soni ($t=0$ vaqtda); $N(t)$ - t vaqt oʻtishi bilan parchalanmay qolgan yadrolar soni; λ - yadroning 1 soniyada parchalanish ehtimoli - parchalanishning oʻzgarmas soni (koeffitsiyenti).

Agar $\tau = 1/\lambda$ deb belgilasak unda shu τ vaqt ichida parchalanmay qolgan yadrolar $e \approx 2,7$ marotabagacha kamayadi. Bu τ kattaligini radioaktiv yadrosining oʻrtacha hayot vaqti deb atashadi.

Bu formulaga asosan radiaktiv parchalanish grafigi quyidagi shaklda boʻladi (2.3-rasm).



2.3 - rasm. Radioaktiv parchalanish qonuni

Radioaktiv parchalanish qonunini amalda qo'llash onsonlashishi uchun e sonning o'rniga asosni 2 deb olsak, unda formula quyidagi shaklga keladi:

$$N(t) = N_0 2^{-t/T} \quad (2.2)$$

Bu yerda T - radioaktiv moddaning yarim parchalanish davri.

Parchalanish o'zgarma soni

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0,693}{T}$$

T va τ quyidagi munosabat bilan bog'lanadi:

$$T = \frac{1}{\lambda} \ln 2 = \tau \ln 2 = 0,693 \quad (2.3)$$

Shu qonunga muvofiq ba'zi radioaktiv elementlar yarim parchalanish davri aniqlangan. Quyidagi 2.1-jadvalda uran (U) uglyerod (C), radiy (Ra), radon (Rn) larning yarimparchalanish davrlari keltirilgan.

Turli elementlar yadrolarining yarimparchalanish davrlari

2.1 - jadval

Yadro	T
$^{238}_{92}U$	4,5 mlrd. yil
$^{14}_6C$	5570 yil
$^{226}_{88}Ra$	1600 yil
$^{222}_{86}Rn$	3,8 sut
$^{220}_{86}Rn$	1 min

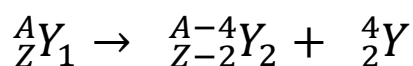
Ushbu jadvaldagi radioaktiv elementlarining yarimparchalanish davrlari geologiyada, arxeologiyada, biologiyada, paleozoologiyada o'rganilayotgan ob'yektlarining yoshini aniqlashga imkoniyat beradi.

3. Radioaktiv nurlanishlar, ularning o'tuvchanlik xususiyatlari va moddalar bilan o'zaro ta'siri

Alfa (α), betta (β) va gamma (γ) nurlari tabiati qanday ma'noga ega? -shu savolga javob beraylik.

Radioaktiv nurlanishda (γ -parchalanishdan tashqari) yadro tarkibi o'zgaradi.

Alfa (α) -parchalanishda yadroni ikki proton va ikki neytron tark etishadi. Shunda proton kamayishi yadroning Mendeleyev jadvalida ko'rsatilgan atom raqami (aslida bu protonlar soni Z) ikkiga kamayadi. Yangi hosil bo'lgan yadroning raqami ($Z-2$) ga tenglashadi. Ikki neytron kamayishi yadroning (moddiy hajmni ifodalovchi A) massasini to'rttaga kamaytiradi (chunki ikki proton hamda ikki neytron tark etgan). Agar endi biz onalik yadrosini A_ZY_1 deb belgilasak, unda yangi tashkil bo'lgan qizlik yadroni ${}^{A-4}_{Z-2}Y_2$ ko'rinishda ifodallasak bo'ladi. Onalik yadrosini tark etgan noma'lum (biz aniqlamoqchi bo'lgan) element ikki protonli bo'lgan va to'rtta massa ko'rsatkichiga ega bo'lgan element quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi - 4_2Y . Bu jarayonni quyidagicha ifodallasak bo'ladi.



Bu tenglamaning oxirgi elementi nimaligi aniqlaymiz. Buning uchun D.I.Mendeleyevning kimyoviy elementlar davriy jadvaliga nazar solamiz (3.1-rasm).

Bu elementga geliy (${}^4_2\text{He}$) to'g'ri keladi. Demak bundan kelib chiqadiki α - parchalanishda α - zarrachalar oqimi aslida geliy oqimi (nurlanishi) ekan.

Bunday parchalanish jarayonida α - zarrachalar yadrodan chiqishi bilan uzoqqa uchmaydi. Bir necha sm bosib o'tadi va so'nadi.

Ikkinchi, β^- - parchalanishda boshqacha ko'rinishdagi hodisalar ro'y beradi. Turg'unsiz bo'lgan yadro ichida neytronlar va protonlar o'zining shaklini almashtirishga intiladi: neytron -proton shakliga, proton esa neytron shakliga aylanishga intiladi.

		VII		VIII	
		а	б	а	б
		1 H 1,0079 ВОДОРОД		2 He 4,00260 ГЕЛИЙ	
3	8 O 15,9994 КИСЛОРОД	9 F 18,99840 ФТОР		10 Ne 20,179 НЕОН	
1	16 S 32,06 СЕРА	17 Cl 35,453 ХЛОР		18 Ar 39,946 АРГОН	
1	24 Cr 51,996 ХРОМ	25 Mn 54,9380 МАРГАНЕЦ	26 Fe 55,847 ЖЕЛЕЗО	27 Co 58,9332 КОБАЛЬТ	28 Ni 58,70 НИКЕЛЬ
3	34 Se 78,96 СЕЛЕН	35 Br 79,904 БРОМ	36 Kr 83,80 КРИПТОН		

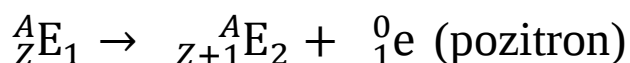
3.1 -rasm. Kimyoviy elementlar davriy jadvalining qismi

Neytron protonga aylanish vaqtida o'zidan bir elektron "chiqaradi", degan fikr bor. Neytron ichida elektron bor deb o'ylasa bo'ladi. Aslida bu yadrolar ichidagi murakkab jarayonlar hali yahshi o'rganilishi kerak. Hozircha shunday qabul qilinadi. Neytronning massasi 1 deb qabul qilingan bo'lsa, elektron massasi 1836 marotaba kichik bo'lgani sababli uning massasini (A) hisobga olmay, 0 deb qabul qilsak bo'ladi, zaryadi (Z) esa (-1) bo'ladi, demak: ${}^0_{-1}e$. Bu parchalanish β^- - deb belgilanadi.

Jarayonni quyidagicha ifodalaymiz:



Agar proton neytronga aylanmoqchi bo'lsa o'zidan bitta pozitron chiqaradi va neytronga aylanadi. Pozitron massasi elektron bilan bir, faqat zaryadi plyusli, demak: ${}_1^0\text{e}^-$ shaklida bo'ladi. Bu parchalanish β^+ deb belgilanadi va quyidagicha ifodalanadi:



Shunday qilib, β -nurlanish aslida elektron va pozitronlar oqimi desak bo'ladi.

Agar aniqroq aytmoqchi bo'lsak, β -nurlanish ikki ko'rinishda sodir bo'ladi:

- yadro (yoki neytron) elektron va antineytrino chiqaradi- "beta-minus-parchalanish" (β^-);
- yadro pozitron va neytrino chiqaradi- "beta-plyus-parchalanish" (β^+).

Elektronli parchalanishda antineytrino hosil bo'ladi, pozitronli parchalanishda - neytrino hosil bo'ladi. Bu leptonli zaryadlarning saqlanish fundamental qonunidan kelib chiqadi).

β^- va β^+ - parchalanishdan tashqari elektron tutish (K-tutish) mavjud. bunda yadro o'zining atrofidagi elektronlardan birini tutib oladi va elektronli neytrino chiqaradi.

Gamma (γ)-parchalanishda yadro tarkibi o'zgarishi emas, uning tashqi ta'sir ostida keskin ikkiga bo'linishi kuzatiladi. Bu bo'linish kuchli elektrmagnit energiya - qisqa chastotali elektrmagnit to'lqinlar chiqishi bilan tavsiflanadi. Bu to'lqinlar γ - nurlanish deyiladi va o'ta kuchli ta'sirga va o'tuvchanlikka ega. Undan himoyalaniish uchun 10-20 sm beton devorlar ham yordam bermasligi mumkin.

Radioaktiv nurlarining moddalar bilan o‘zaro ta’siri

Radioaktiv zarrachalarning nurlanishi barcha moddalarga har xil darajada ta’sir qiladi. Bu radioaktiv zarrachalarning turlariga va moddalarning tarkibiga bog‘liq. Alfa- va beta-zarrachalar asosan atrof muhitni ionlashuviga olib keladi - boshqacha aytganda musbat zaryadli ionlar va atomning tashqi po‘stidan elektronlar yulib olish hisobiga erkin elektronlar hosil bo‘lishi bilan tavsiflanadi.

Modda orasidan o‘tishda gamma-kvantlar atom elektronlari bilan o‘zaro ta’sirlanib, asosan uch xil fizik hodisalarga sabab bo‘ladi: fotoeffekt, kompton yoyilish va elektron-pozitron juftliklar hosil bo‘lishi.

Alfa nurlarining moddalar bilan o‘zaro ta’siri

Alfa nurlari elektr zaryadga ega bo‘lib, o‘lchami juda kichkina - ya’ni 10^{-13} sm dan ham kamdir. Uning o‘tish yo‘li masofasi ionlashishga bog‘liq. Agar ionlashish ko‘proq bo‘lsa, uning o‘tish yo‘li qisqa bo‘ladi, chunki ionlashishda ko‘p quvvat yo‘qotadi.

Uran (U) parchalanish davrida eng kuchli alfa nurini uranning o‘ninchi (poloniyni to‘rtinchi) izotopi - radiy C’ (RaC') hosil qiladi. Uning havoda o‘tish yo‘li masofasi 4,5-5,0 sm gacha. Shu qatordagi radonning (Rn) alfa nuri masofasi 3,7 - 4,0 sm, radiyning nuri (Ra) esa - 3,0 - 3,5 sm gacha masofaga o‘tadi. Faqat toriy - 232 ($^{232}_{90}\text{Th}$) ning nuri 10,5 sm gacha masofaga o‘tishi mumkin.

Qattik jinslarning zichligi havo zichligidan 1000 barobar yuqori. Shu bois, alfa nurining qattiq jinslardan o‘tish yo‘li ham shunchaga kamayadi. Masalan: alyuminiydan (Al) alfa nurining o‘tish masofasi 0,05 mm dan oshmaydi. Ko‘rinib turibdiki alfa nurlari juda kam quvvatga ega va undan himoyalaniish uchun kalka (yupqa shaffof) qog‘ozining o‘zi kifoya.

Beta nurlarining moddalar bilan o‘zaro ta’siri

Alfa nurlariga nisbatan beta nurlarining havoda ionlashish jarayoni biroz kamroq. β - nurlarining moddalardan o‘tishi uning quvvatiga va muhitning zichligiga bog‘liq.

Masalan: quvvati 1-3 MeV bo‘lgan β nurlarining havodan o‘tish yuli masofasi 13 m gacha bo‘lishi mumkin, quvvati 0,5-1,0 MeV bo‘lsa, uning o‘tish yo‘li - 3 m gacha bo‘ladi. β nurlarining qattiq jinslardan o‘tishi jinslarning zichligiga bog‘liq, shuning uchun alyuminiydan (Al) 5,5 mm, qo‘rg‘oshindan (Pb) 1,4 mm masofaga o‘tadi. Tog‘ jinslarida esa - 10 mm gacha o‘tishi mumkin.

Eng kuchli β nurlarini uran qatoridagi poloniy izotopi radiy C' (RaC') chiqaradi va uning quvvati $E_{\max} \sim 3,3$ MeVga teng. Shuning uchun ekranlarning qalinligini aniqlashda shu izotopdan foydalanish mumkin.

Gamma nurlarining moddalar bilan o‘zaro ta’siri

Gamma-kvantlarining atom elektronlari bilan o‘zaro ta’siri “fotoeffekt”, “kompton yoyilish” va “elektron-pozitron juftliklar hosil bo‘lishi” kabi fizik hodisalarga olib keladi.

1. Fotoeffekt yoki fotoelektrik yutilish kichik energiyali ($< 0,5$ MeV) gamma-kvantlarning zich moddalar atomi bilan o‘zaro ta’sirlanishi tufayli ro‘y beradi. Atomlarni elektronlar tark etishi muhitni ionlashishiga olib keladi. Atom turg‘unligini yo‘qotadi va bo‘sh qolgan elektron o‘rnini to‘ldirishga harakat qiladi va gamma-kvantlar yutadi. Bu o‘z navbatida rentgen nurlanishga olib keladi. O‘tish masofasiga keltirilgan gamma-kvantlar yutilish ko‘effitsiyenti $\mu\Phi$ orqali ifoda etilishi mumkin.

2. Kompton yoyilish yuqori energiyali ($> 0,5$ MeV) gamma-kvantlar yengil moddalar atomlari bilan o‘zaro ta’sir etishda gamma-kvantlar energiya qismini elektronga berishi tufayli o‘zining yo‘nalishini o‘zgartirishi va noqayishqoq yoyilish hosil

bo'lishi bilan tavsiflanadi. Bunda ham energiya yutilishi kuzatiladi va bu yutilishni μK ko'effitsiyenti bilan ifodalasa bo'ladi.

3. Elektron-pozitron juftliklar hosil bo'lishi yuqori energiyali (>1 MeV) gamma-kvantlarning atomning yadro maydoni bilan o'zaro ta'siri bilan bog'liq. Bunda gamma-kvant energiyasini beradi va yutiladi. Bu yutilish μE ko'effitsiyenti bilan ifodalanadi.

Bundan tashqari gamma-kvantlarning boshqa ta'sir etish turlari ham mavjud: fotoneytronli effekt, Reley yoyilishi va boshqalar.

Umuman, yyengil va og'ir elementlardan tashkil topgan barcha turdagi effektlar hisobiga tog' jinslarining chiziqli yutilish ko'effitsiyentini μV orqali ifoda etish mumkin va quyidagi formuladan aniqlanadi [Xmelevskoy va b.1988,159 bet]:

$$\mu V = \mu \Phi + \mu K + \mu E$$

Bu μV yutilish ko'effitsiyenti tog' jinslarining gamma-parametri sifatida xizmat qiladi.

Neytronlarning moddalar bilan o'zaro ta'siri

Neytronlarning moddalar bilan o'zaro ta'siri birinchi navbatda bu zarrachaning elektr zaryadsizligi bilan belgilanadi, shu sababdan neytron nurlari har qanday yadrolardan, hatto eng og'ir yadrolardan ham yengil o'tadi.

Neytronlar oqimi yadrolarga yetib borib yadro reaksiyalarini hosil qiladi: qayishqoq va noqayishqoq yoyilish, radiatsion yutilish, yadrolarning parchalanishi yuz beradi.

Neytronli nurlanish atrof-muhit elementlarining yadrolari bilan quyidagi o'zaro ta'sir etish xususiyatlari bilan tavsiflanadi:

1) tezligi yuqori bo'lgan neytronlarning og'ir elementlar yadrolarida noqayishqoq yoyilishi va ularni qo'zg'oq holatiga olib kelishi. Yadro oldingi holatiga qaytishida gamma-kvantlar taratadi.

2) tezligi yuqori bo'lgan neytronlarning yengil elementlar yadrolarida qayishqoq yoyilishi va neytronlar o'zining

energiyasini yadrolarga berishi tufayli sekinlashishi. Sekinlashish miqdori muhitning massali soni kamayishi bilan oshadi. Issiqlik energiya darajasigacha sekinlashgan neytronlar yadrolar bilan yutiladi -radiatsion tutish jarayoni sodir bo‘ladi. Yutilish jarayoni gamma-kvantlar taratilishi bilan kuzatiladi.

Neytronning quvvatini yo‘qotishi va harakat tezligining kamayishi yadro massasiga bog‘liq. Yadro massasi qancha kichik bo‘lsa, neytron energiyasini shuncha kam yo‘qotadi.

O‘zining quvvatini va tezligini yo‘qotgan neytron yadro bilan yutiladi, shu tariqa yadroda sun‘iy radioaktivlik kuzatiladi. Yutilish jarayoni gamma (γ)-kvantlar, protonlar va γ - nurlarining sochilishi bilan birga sodir bo‘ladi. Eng og‘ir yadrolarda esa (U, Th) neytronlar harakati natijasida bo‘linish jarayoni ro‘y berishi mumkin.

Shunday qilib, tog‘ jinslarida yadrolar bilan o‘zaro ta’siri tufayli neytronlar harakati sekinlashadi. Bu sekinlashishni μn pasayish koeffitsiyenti orqali tavsiflasa bo‘ladi. Neytronlar energiyasi issiqlik energiyasigacha pasayganda ularni atomlar tutib olishi sodir bo‘ladi va gamma-kvantlar taralishi kuzatiladi. Bu nurlanish - *yaratilgan*, yoki *undalgan* radioaktivlik deb ataladi. Issiqlik energiyali neytronlar soni va ikkilamchi gamma-nurlanish neytronlarni birlamchi energiyasiga, tog‘ jinslarini neytronlik xususiyatiga va manbagacha bo‘lgan masofaga bog‘liq

Neytronlar yutilishini maxsus asboblarda bilan o‘lchash mumkin. Neytron oqimlarining jadalligini o‘lchab, foydali qazilma konlaridagi ma’danlar tarkibidagi kimyoviy elementlarni aniqlash mumkin. Bunday tadqiqotlarda *tabiiy radioaktiv* usullar qo‘llanadi.

4. Tabiiy va sun'iy radioaktivlikni o'lchash usullari

Radiometriya bu radioaktivlikni o'rganish umumiy atamasi. Uning tarkibida ikki o'ziga xos yo'nalish ajratiladi: radiometriya va dozimetriya. Radiometrik o'lchovlar bilan dozimetrik o'lchovlar farqlanishi sababli o'lchovlarni maqsadli olib borish uchun bu farq nimada ekanligini anglash lozim.

Aslida radiometrik o'lchovlar deganda - o'rganilayotgan manbada yoki jinslar namunalarida (shu jumladan: gazlarda, suvlarda, ayerozollarda, yuzalarda) radionuklidlarning (radioaktiv elementlarning) faolligini yoki ionlashtiruvchi nurlar oqimining zichligini o'lchash nazarda tutiladi. Rentgenometr - gamma-nurlanish quvvatini o'lchash uchun ko'llanadigan radiometrning bir turi.

Radiometrning asosiy qismi bu detektor – radioaktiv nurlanishni qayd etish va o'lchash uchun mo'ljallangan maxsus moslama.

Radiofaollikni o'lchov moslamalari ifloslangan yuzalar o'lchash radiometrlari va ifloslangan havo o'lchash radiometrlariga bo'linadi.

Dozimetrik o'lchovlar deganda ayrim vaqtda asbob (yoki undan foydalanuvchi) qabul qilgan ionlashtiruvchi nurlanish dozasi yoki doza quvvatini (energetik xususiyatini) o'lchash nazarda tutiladi. Bu maqsadda ishlatilayotgan moslama dozimetr deyiladi.

Ionlashtiruvchi va radioaktiv nurlanishlar o'lchash uchun qo'llanilayotgan asboblarni uch toifaga bo'linadi: radiometrik (radiometrlar), dozimetrik (dozimetrlar), yadro-geofizik tadqiqotlar uchun elektron apparaturalar bloklari va moslamalari (ionizatsion kameralar, mutanosib (proporsional) hisoblagichlar va Geyger-Myuller hisoblagichi, tojli va uchqunli hisoblagichlar).

Radioaktivlik o'lchov birliklari

Turli radioaktiv o'lchov birliklari

4.1 -jadval.

O'lchov birligi	Belgilanishi	Tushunchasi (mazmuni)
<i>Radiofaollik</i>		
<i>Bekkerel (Bk, Vq); Kyuri (Kyu, Si)</i>	1 Bk=sekundiga 1 parchalanish; 1 Kyu=3,7x10 ¹⁰ Bk	Radionuklid faolligining o'lchov birligi. Vaqt birligida parchalanish sonini ifodalaydi
<i>Radioaktiv ta'sir ostida yutib olingan dozalar, nurlanish energiyasi va quvvati</i>		
Grey (Gy); Rad (rad)	1 Gr=1 J/kg; 1 rad=0.01 Gy	Yutilgan radiatsiya miqdori (dozasi). Ma'lum jins (masalan inson badani) massa birligini yutib olgan ionlashgan nurlanish energiya miqdori
Zivert (Zv) Ber (rem) - "rentgenning biologik ekvivalenti"	$1Zv = 1Gy = 1 J/kg$ (beta va gamma uchun); $1 mkZv=1/1000000 Zv$ $1 ber=0,01 Zv=10 mZv$	Ekvivalent doza birligi. Turli ionlashgan nurlanishlar radiatsiya xavfining bir xil bo'lmaganligini hisobga oluvchi koeffitsiyentga ko'paytirilgan yutilgan doza birligi
Grey 1 soatda (Gy/s); Zivert 1 soatda (Zv/s); Rentgen 1 soatda (R/s)	1 Gy/s=1 Zv/s=100 R/s (beta va gamma uchun); 1 mkZv/s=1 mkGy/s=100 mkR/s; 1 mkR/s=1/1000000 R/s	Doza quvvati birligi. Tananing soat birligida qabul etgan dozasi

Qayd etish va o'lchash uslublari

Ionlashtiruvchi nurlanishni qayd etish va o'lchashning quyidagi asosiy uslublari mavjud:

- ionizatsion - nurlanish ta'siri ostidagi ionlar o'rganiladi;
- stsintillyatsion - maxsus materialda paydo bo'ladigan yorug'lik chaqnashlari qayd etiladi;
- kalorimetrik - issiqlik ta'siri bo'yicha qayd etish;

- kimyoviy, shu jumladan, fotografik;
- termoluminessentli.

Ionizatsion uslub - radioaktiv nurlanishi bor yo'qligini aniqlash va o'lchash metodi. Boshqalarga qaraganda keng qo'lanib kelinmoqda. Uning mohiyati shundaki - radioaktiv nurlanish ta'siri ostida ma'lum gaz to'ldirilgan kamera ichida gazlar ionizatsiyaga uchraydi va elektr xususiyati bilan betaraf bo'lgan atomlar yoki molekulalar ikki qismga - manfiy va musbat ionlarga ajraladi. Elektrodlar orasida potentsiallar ayirmasi (farqlanishi)



hosil bo'ladi va elektr zaryadlar hosil bo'lish tezligiga va shu bilan doza quvvatiga mutanosib tok oqimi vujudga keladi. Bunday kamera ionlashtiruvchi kamera deb ataladi.

4.1-rasm. Pyer Kyuri 1895 - 1900 yy ishlatgan ionlashtiruvchi kamera

Ionlashtiruvchi kameralar toifasiga mutanosib (proporsional) hisoblagichlar va Geyger-Myuller hisoblagichini ham kiritish mumkin. Bu moslamalarda uchib ketayotgan ionlashtiruvchi zarrachà ta'siri ostida hosil bo'lgan elektronlarning kuchli elektr maydonda harakat tezligi yuqorilashadi va o'z navbatida gaz molekulalarini ionlashtirishga olib keladi.

Oddiy qilib aytganda ionizatsion kamera - bu gaz to'ldirilgan ionlashtiruvchi detektor desa bo'ladi. To'ldirilgan gaz odatda inert gaz yoki ularning aralashmasi bo'ladi. Bularga yana ionlashuvchi gaz (metan yoki atsetilen) qo'shiladi. Ochiq ionlashtiruvchi kamera (masalan tutun aniqlash uchun) havo bilan to'ldiriladi. Ionlashtiruvchi kameralar tokli (qo'shuvchi) va impulsli bo'ladi.

Stsintillyatsion uslub moddaning ionlashtiruvchi nurlar yutganda yoruqlik (gamma-kvantlar, elektronlar, alfa-zarrachalar va b) chiqarish xususiyatiga asoslangan. Bunday moddalar *stsintillyator* deb ataladi.

Nurlangan fotonlar miqdori bundan nurlanishda yutilgan energiyaga mutanosib (proporsional) bo'ladi - va bu hususiyat nurlanish spektrlarini o'rganish imkoniyatini beradi.

Stsintillyatsion detektorda taralgan yorug'lik fototutqichda tok impulsiga aylantiriladi, kuchaytiriladi va qayd etish moslamada yozib olinadi.

Tog' jinsi namunasida, ampulada nuklidlarning faolligini o'lchashning *kalorimetrik metodi* kalorimetrda zarrachalar yoki fotonlarning to'la yutilishida chiqadigan issiqlik energiyasini o'lchashga asoslangan. Bunda o'lchanayotgan nuklidning o'rtacha parchalanish energiyasi jadvallardan olinadi.

Radioaktivlikni o'lchash termolyuminessentli metodi - ionlatiruvchi nurlanish ta'siri ostida nurlanayotgan moddadan energiya chiqish jarayonida hosil bo'luvchi lyuminessent ko'rsatkichini o'lchashga asoslangan.

Har qanday o'lchovlar olib borilganda *tabiiy fon* bo'ladi. Ularni hisobga olish lozim. Shuning uchun avvalam bor ish olib borilayotgan maydonga yaqin joyda dozimetr yordamida fon darajasi o'lchanadi. Keyin esa asosiy o'lchovlar olib boriladi. Agar olingan ma'lumotlar fondan yuqori bo'lib ajralib turgan anomaliyalar bo'lsa demak bu yerda radioaktivlik oshib ketganligidan dalolat beradi (uran, radiy, toriy va kaliy radioaktiv elementlari mavjudligi tufayli).

Neytronlar oqimini o'lchash

Ionizatsion kameralar nafaqat alfa, beta yoki gamma-nurlanishlarni o'lchash, balki neytron nurlanishlarni ham o'lchash imkoniyatini beradi. Neytron zaryadga ega bo'lmagani uchun bu juda qiyin, chunki ular gaz ionizatsiyasiga olib kelmaydi. Shuning uchun kamera qo'shimcha o'zgartiriladi: u 2 bir xil qismga

ajratiladi. Birinchisida alfa, beta yoki gamma- nurlanishlar hisobiga vujudga kelgan gazning fon ionizatsiyasi o‘lchanadi.

Ikkinchisida kamera devorlariga ($^{10}_5\text{B}$) 10-bor (katta neytron oqimlarini o‘lchash uchun-yadro reaktorlarida) yoki uran-235 (kichik neytron oqimlarini o‘lchash uchun) elementlari surkaladi. Uran -235 yadrosi neytronni ushlab olganda yadroning majburiy bo‘linishi boshlanadi va gazni qo‘shimcha ionlashishi kuzatiladi.

Ikki kameralarning ionizatsiyalari orasidagi ayirma neytron oqimiga mutanosib (proporsional) bo‘ladi.

Uran-235 yoki boshqa izotopli elektrodli ionizatsion kamera varianti bo‘linish kamerasi deb ataladi.

Neytron oqimlarini o‘lchashda ionizatsion kameralar quyidagi uch rejimda ishlashi mumkin:

- impulsli - neytronlarning kichik oqimlarini o‘lchashda;
- tokli - kuchli oqimlar o‘lchashda;
- fluktuatsiyali - impulsli va tokli rejimlar o‘rtachasi.

Bular AES lardagi apparaturalarda neytron oqimini nazorat qilish uchun ishlatiladi.

5. Radioaktiv elementlarni Yerda va Yer qobig‘ida taqsimlanishi

Yerdagi atomlarning radioaktiv yadrolari birlamchi va ikkilamchi turlarga bo‘linadi.

Birlamchi turiga Yer hosil bo‘lish davrida unga myeros bo‘lib qolgan, yadro sintezini boshidan o‘tkazgan qadimgi kosmik sistemalardan o‘tgan izotoplar.

Ikkilamchi turiga zamonaviy sharoitlarda kosmik nurlari bilan Yerning turli moddalari, ayniqsa atmosfera gazlari atomlarining o‘zaro ta’siri ostida hosil bo‘layotgan radioizotoplar kiradi.

Ma’lum bo‘lgan 50 dan ortiq uran, toriy, radiy, kaliy, kaltsiy, rubidiy, tsirkoniy, tellur va volfram radioizotoplaridan faqat uran (U) va toriy (Th) radioizotoplari birlamchi hisoblanadi. Qolganlari

ikkilamchi hisoblanadi va ularning zahiralari doimiy ravishda boshqa uzoq yashovchi radioaktiv izotoplarining parchalanish hisobiga to'lib boradi.

Tabiiy radioaktiv izotoplardan tashqari yadroviy o'zgartirishlar orqali 1500 taga yaqin sun'iy radioizotoplar olingan.

Hosil bo'lish va joylashish sharoitlari bo'yicha Yer qobig'idagi tabiiy radioaktiv elementlar va izotoplar to'rt asosiy guruhga bo'linadi:

1-guruh - uzoq yashovchi, Yerning boshlang'ich rivojlanishi davrida hosil bo'lgan (og'ir) radioaktiv elementlar.

Ular uch tabiiy radioaktiv qator - uran ($^{238}_{92}U$), aktinouran ($^{235}_{92}U$) va toriy ($^{232}_{90}Th$) asoschilari. Ularning yarimparchalanish davrlari milliard yillarni tashkil etadi. Shuning uchun Yer qobig'ida hali birlamchi elementlarning parchalanmagan atomlari mavjud. Ularning miqdori asta sekin kamayib kelmoqda.

2-guruh - qisqa umrli izotoplar, birinchi guruh elementlar parchalanishining "qizlik" mahsulotlari. Ularning Yer qobig'idagi miqdori qatorlarning asoschisi bo'lmish birlamchi elementlar miqdoriga bog'liq.

3-guruh - uzoq yashovchi yakkahol (kaliy $^{40}_{19}K$, rubidiy $^{87}_{37}Rb$, samariy $^{147}_{62}Sm$ va boshqa) elementlarning radioaktiv izotoplari. Bular Yerning boshlang'ich davrida hosil bo'lgan asosiy qatorlarga kirmagan izotoplar. Ularning Yer qobig'idagi miqdori yarimparchalanish davriga bog'liq tezlik bilan kamayib boradi.

Tabiiy kaliyda radioaktiv izotop miqdori juda kam. Ammo kaliy miqdori Yer qobig'ida ko'p bo'lishi va nurlanishining shiddatligi tufayli uning umumiy tabiiy radioaktivlikka qo'shgan hissasini uran va toriy bilan tenglashtirish mumkin.

4-guruh - kosmik nurlarni Yer moddasining atomlari bilan o'zaro ta'siri ostida atmosfera, gidrosfera va litosferalarda hosil bo'lgan (asosan uglerodning $^{14}_6C$) yengil va qisqa umrli radioaktiv izotoplari.

Barcha tabiiy radioaktiv element va izotoplardan eng ahamiyatlisi uran va toriy - chunki ular sanoatbop uyumlarni

tashkil qiladi va atom energetikasining asosiy xomashyosi bo'lib xizmat qiladi. Ularning Yer qobig'idagi miqdori ancha kam va quruqlik mintaqalarda uran $2,1 \times 10^{-4} \%$ va toriy $7 \times 10^{-4} \%$ tashkil etadi. Uranning umumiy miqdori - 10^{16} tn tashkil etadi.

Yerda eng keng uchrayotgan radioaktiv element - bu berilliy ${}^{10}_4\text{Be}$ radioizotopi. Yerdagi miqdori taxminan 430 tn atrofida [2]. Yer massasiga ($5,97219 \times 10^{21}$ tn) nisbatan bu atigi $7,2 \times 10^{-18} \%$ tashkil etadi. Ko'rinib turibdiki, ikkilamchi izotoplar Yer massasining juda kam miqdorini tashkil etarkan.

Uranning ikki izotoplarini Yer qobig'idagi miqdori (16 km chuqurlikkacha) $2,5 \times 10^{-4} \%$ (og'irlik ko'rsatkichi bo'yicha), toriyniki $1,3 \times 10^{-3} \%$, kaliyning radioaktiv izotopi esa - $0,029 \%$ tashkil etadi.

Bundan tashqari tog' jinslarida radioaktiv elementlarni parchalanishida hosil bo'lgan mahsulotlar mavjud. Ular ayrim holatlarda atrof jinslarga o'tib ketadi va Yer qobig'ida (He, Ar va b.) yerosti gaz oqimlarini hosil qiladi.

Yerning eng yuqori qatlamida radiogen yo'li bilan hosil bo'ladigan radon (Rn) yig'iladi.

Umuman olganda, ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, radioelementlar asosan alyumosilikatli qobiqda joylashgan ekan. Mantiyada ularning miqdori qamroq va yadroda juda kichik.

Agar Yerda radioelementlar miqdori Yer qobig'idaka bo'lsa, unda Yer harorati yuqori bo'lib, eritma holatida bo'lar edi. Radioaktiv elementlar asosan Yerning tashqi qismlarida bo'lib, markazga qarab tez kamayib boradi.

6. Gamma-metodlar (GM)

Alfa (α)- va betta (β)- nurlanishlarning o'tuvchanlik xususiyati uncha katta bo'lmagani tufayli geologik-geofizik tadqiqotlarda asosan gamma (γ) -syomka olib boriladi.

Radiometrik gamma (γ) -syomkalar tog' jinslarining tabiiy γ -nurlanishini o'lchashga asoslangan va radioaktiv ruda (uran, toriy radiy va b.), hamda radioaktiv elementlar bilan bog'liq rangli

metallar (m-n: boksitlar, fosforitlar kabi) konlarini qidirishda, geologik xaritalashda, yer kesimlarini aniqlash uchun quduqlarda olib borilgan karotajda qo'llaniladi.

Uran konlarining qidiruvida va razvedkasida barcha GM tog' jinslaridagi urani (U) emas, radiy (Ra) miqdorini aniqlaydi. Chunki, uran (U) qatorida asosiy γ -nur tarqatuvchi radiy (Ra) hisoblanadi.

Uran (U) miqdorini aniqlash uchun - aynan uranni aniqlash uchun qo'llaniladigan - lyuminessent tahlil, tog' jinslari radiometrik tahlilining boshqa metodlaridan foydalanish lozim.

Umuman GM ikki guruhga ajratsa bo'ladi:

- 1) yer ustidagilar (jumladan, aero-gamma-syomka)
- 2) yer ostidagilar (quduqlarda va lahmalarda).

Ma'ruzamizning birinchi qismi yer ustidagi gamma-metodlarga bag'ishlangan.

Yer ustidagi gamma-qidiruvlar geologik syomka ishlari bilan birga olib boriladi yoki geologik bashoratlashda, aerogamma-syomka natijalari bo'yicha aniqlangan istiqbolli maydonlarda maxsus olib borilishi mumkin.

Bunday tadqiqotlar 1:500 000, 1:200000, 1:50000, 1:25000 masshtablarda olib boriladi. Ayrim, uncha qalin bo'lmagan (2-3 m) elyuviy-delyuviy yotqiziqlari bilan qoplangan maydonlarda GM yirikroq masshtablarda (1 : 10 000 va yirikroq) olib boriladi.

Radioaktivlikni qayd etish uslublari bo'yicha GM - umumiy γ - nurlanishni radiometrik syomkasi va spektrometrlar yordamida γ - spektrometrik syomkalarga bo'linadi.

O'lchov asboblarini qo'llash bo'yicha GM - piyodali, avto-, aero-, kosmik va dengiz gamma-syomkalarga ajratiladi.

Avto-, aero- va kosmik syomkalar spektrometrik variantda, tanlangan marshrutlar bo'yicha uzluksiz qayd etish yo'li bilan olib boriladi.

Piyodali gamma-syomka (asosan geologik syomka ishlari bilan birga) istiqbolli maydonlarda (bashorat yoki aero-syomka

natijalari asosida aniqlangan) kuzatuv nuqtalar to'ri bo'yicha olib boriladi.

Piyodali gamma-syomka masofasi tadqiqot masshtabiga bog'liq bo'lgan (1:200000 -2 km, 1:10000 -100 m gacha) profillari bo'ylab olib boriladi. Kuzatuv nuqtalari orasidagi masofa radioaktiv elementlarining tarqalish areallari kattaligiga bog'liq bo'lib, 5 m dan 100 m gacha bo'lishi mumkin.

Piyodali syomkada SRP-68-01 radiometri keng qo'llanib kelgan. Oxirgi yillarda yangi, ancha ixcham radiometrlar yaratilgan (ular to'g'risida amaliy mashg'ulotlarda qisman tanishgan edik).

Kuzatuvchi profil nuqtalari orasida yurib kelishda γ -nurlanish jadalligi telefonda eshitilib, yangraʼ turgan uzluksiz signal o'zgarishiga qarab aniqlanadi. Detektor yer yuzidan 5-10 sm masofada tutiladi. Signal kuchayishi kuzatilgan joyda detektor yerga 0,5-1 minutgacha qo'yiladi va keyin radiometrdan o'lchov olinadi. Nurlanishning anomal joylarida qo'shimcha kuzatuvlar olib boriladi. Anomaliyalar reperlar yordamida belgilanadi, chuqur qazilib tog' jinslaridan sinovlar olinadi va laboratoriyaga jo'natiladi.

O'lchovlarning ishonchliligini kuzatib turish uchun radiometrlarni barqaror ishlashi tekshirib turiladi. Buning uchun bazada maxsus etalonlar yordamida o'lchov aniqligi tekshiriladi.

Uran (U) va radiy (Ra) miqdori kam bo'lgan va qoplama qalinligi yuqori bo'lmagan yumshoq yotqiziqlardan tashkil topganda chuqurligi 1 metrgacha bo'lgan maxsus shpurlar (kichik quduqchalar) qaziladi va syomka ular ichida olib boriladi.

Yumshoq qoplama qalinligi yuqori (10-30 m) bo'lganda shpurlar gamma nurlanishning areallari bo'lgan gorizontgacha, qadimgi nurash qobig'igacha chuqurlikda qazilishi kerak. Bu kuzatuvlar chuqur γ - syomka deb ataladi. Bu syomkalardan oldin o'rganilayotgan maydon izlov sharoitlari bo'yicha tayyorlanishi kerak - turli qatlamlar qalinligiga ega joylar ajratilishi, yotqiziqlar tarkibi, o'rganilayotgan gorizont to'g'risida ma'lumotlar olinishi va geologik sxematik bo'lsa ham geologik xarita tuzilishi kerak.

Apparaturalar to'g'risida

Turli GM xususiyatlariga mos ravishda turli aerogeofizik stansiyalar, avtomobil radiometrlari (RA-69 va AGS-3), SRP-3 "Kristall" gamma-radiometri, ma'lum yo'nalishli RGN-1 radiometri, gamma-spektrometrlar, karotaj radiometrlari (KU-59 va R-100), gamma-karotaj stansiyalar va laboratoriya asbob uskunalari ishlab chiqarilgan.

Kuzatuvlar maxsus jurnallarga kuzatuv nuqtalariga bog'langan holda yozib boriladi. Ular asosida profillar bo'ylab va maydonlar uchun grafik va xaritalar tuziladi. Gamma (γ)-syomka natijalari anomaliyalar ajratilgan izoliniyali xaritalar shaklida tuziladi.

Kuzatuv natijalarni talqin qilish

Gamma (γ)- anomaliyalar hosil bo'lish sabablari turlicha bo'lishi mumkin - tub tog' va ma'danli jinslarning yuzaga chiqib qolishi, radioaktiv elementlarning mexanik saralanishi va tuzli areallari mavjudligi tufayli ularning oqimi, U va Ra elementlarining qayta to'planishi va b.

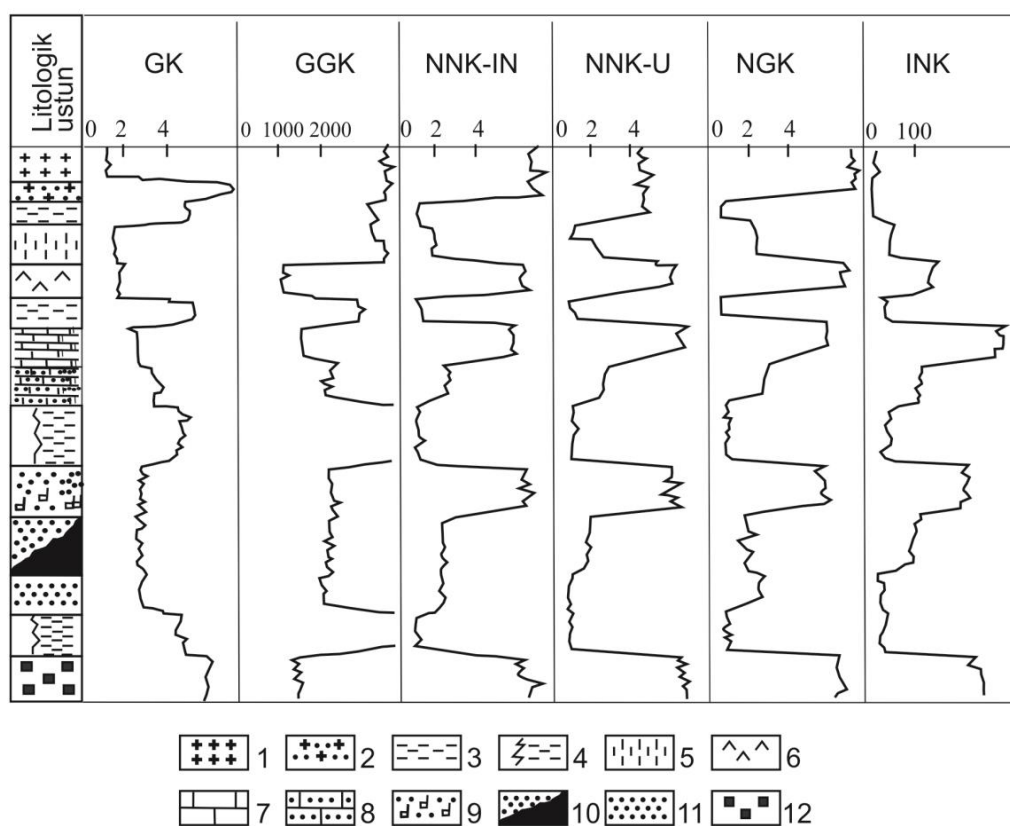
Shu tufayli talqin qilishning asosiy vazifasi - tub ma'danlashuvining γ -faollik anomaliyalarini yoki nurlanish areallarini, tabiiy (U, Th, K) radioaktivlikni aniqlash va kelgusi konchilik ishlari (shurflar, kanavalar va quduqlar qo'yish) yo'nalishini ko'rsatib berish. Kon lahmlarini va ochiq tub jinslarini geologik tavsiflashda γ -profilash qo'llaniladi. Bu metod geologik hujjatlashtirishning ajralmas qismi sanaladi va boshqa geologik va radiomterik tadqiqotlardan avval (birinchi navbatda) bajariladi.

Quduqlardagi radioaktiv gamma metodlar

Quduqlardagi radioaktiv tadqiqotlar - radioaktiv karotaj (RK) - tog' jinslarini radioaktivligini tabiiy va sun'iy nurlanishlar yordamida o'rganish metodlar majmuasi.

Radioaktiv karotajlarni quyidagi turlari mavjud:

- gamma-karotaj (GK) va spektrometrik gamma-karotaj (SGK);
- gamma-gamma-zichlik karotaji (GGK-Z) va gamma-gamma-selektiv (litologik) karotaj (GGK-S);
- rentgen-radiometrik karotaj (RRK);
- neytron gamma-karotaj (NGK), neytron-neytron karotaj, spektrometrik - neytron gamma-karotaj: (SNGK);
- impulsli neytron karotaj: (INK) va spektrometrik impulsli neytron karotaj (SINK).



6.1- rasm. Guduqlarda radioaktiv gamma metodlar kuzatuvlari asosida olingan diagrammalar misollari

- 1-toshli tuz; 2-kaliyli tuz; 3-gil; 4- yirik kavernali yemirilgan qatlam; 5 - gips; 6- anhidrit; 7- kam qovakli ohaktosh; 8- yuqori qovakli ohaktosh; qumtoshlar (qum); 9-gazli; 10- neftli; 11- tovondagi; 12-metamorfik jinslar.

7. Emanatsion tadqiqot usullari

Gaz chiqaruvchi ob`yektlardan darzliklarga va havoga gaz mahsulotlari chiqishi emanatsiya deyiladi. Emanatsion syomka yumshoq cho`kindi yotqiziqalaridagi radioaktiv nurlanishda vujudga keladigan gazsimon mahsulotlarini (emanatsiyalarini) o`lchashga asoslangan.

Emanatsion syomka jarayonida radiy-226 va uning izotoplari: radiy-224 va radiy-223 parchalanish jarayonida chiqayotgan radon (Rn), toron (Tn) va aktinon (An) gazlar (emanatsiyalar) tarqalishini o`rganadi.

Emanatsion metodlar boshqa radiometrik metodlarga nisbatan sezgirroq va chuqurroq hisoblanadi..

Radioaktiv gazlar manba ob`yektdan turli tomonga tarqalishida emanatsion areallar tashkil qiladi. Ayni shu areallarni aniqlash dala emanatsion syomkalar vazifasini tashkil etadi.

Emanatsiyaning miqdoriy ko`rsatkichlari sifatida emanatsiya jadalligi (I_{EM}), emanatsiyaga qodirligi (R_{EM}) va emanatsiya koefitsiyenti (K_{EM}).

Emanatsiya jadalligi (I_{EM}) - 1 g jins 1 sek hosil qiladigan emanatsiya miqdori.

Emanatsiyaga qodirligi (R_{EM}) - 1 g jins onalik radiy izotopi bilan radioaktivlik muvozanat holatiga yetguncha vaqt orasida hosil qilinadigan emanatsiya miqdori.

Emanatsiya koefitsiyenti (K_{EM}) - ma`lum vaqtda ob`yektdan chiqarilgan emanatsiya miqdorini shy vaqtda o`zini ichida hosil bo`lgan emanatsiya miqdoriga nisbati. Bu koefitsiyent - butun, monolit jinslarda 1 % dan to nuralgan, buzilgan jinslarda 90-98 % gacha o`zgaradi.

Emanatsiyalarni o`lchashda bir nechta usullar qo`llanadi. Ularni ikki guruhga ajratish mumkin: 1) ekspress metod yoki an`anaviy ; 2) ekspozitsion yoki statik metod.

An`anaviy metod- sinovlarni nasoslar yordamida havo haydab, majburiy ravishda tuproq havosini qo`zg`atib, alfa-zarrachalarni

stsintilyatsion hisoblagich yordamida o'lchash. Hisoblagich kamerasing devorlari oltingugurtli tsink ($ZnS(Cu)$) bilan koplangan bo'ladi va undan radioaktiv nurlar ta'sirida chiqarilgan zarrachalar hisoblanadi.

Statistik metodda o'lchov moslamalari (plyonkali, yarimo'tkazgichli detektorlar yoki adsorbentlar) tuproq ichiga joylashtirilib uzoq muddatli ta'sir ostiga (ekspozitsiyaga) qoldiriladi. Qoldirish muddatlari 3-4 sutkadan to 30 sutkagacha bo'lishi mumkin.

An'anaviy metod unumdor va tezkor bo'lsa (bir kuzatuv nuqtada o'lchov 1-3 min olinadi), statistik metod esa ancha unumsiz, asta sekinligi bilan tavsiflanadi. Ammo, namlik ko'p bo'lsa, yoqingarchilik bo'lsa, yoki shag'al sharoitida havo uchib ketishi kuzatilsa an'anaviy metod qo'llashda istiqbolli ob'yektlar qolib ketishi bor.

Tabiiy suvlar emanatsion areallarni hosil bo'lish mexanizmiga ahamiyatli ta'sir etadi. Asosan uzoq masofalarga olib ketishi kuzatiladi. Emanatsion metodlar chuqurligi 10-15 m ni tashkil etadi. Bundan tashqari 2-3 m gillar ekran vazifasini bajarishi mumkin.

Toron (Tn) tog' jinslarida bir necha o'n santimetrga tarqalishi mumkin, ammo qatlamlar qalinligi kichik bo'lganda toronning emanatsiyaga bo'lgan hissassi radonnikiga qaraganda ancha yuqori bo'lishi mumkin.

Radon konsentrasiyasi emanatsion ko'effitsiyentga, uran konsentrasiyasiga, jinslar zichligiga, radioaktiv muvozanat ko'effitsiyentiga (proporsional) mutanosib bo'ladi, va tog' jinsi g'ovakligiga teskari proporsional bo'ladi.

Emanatsiyaning yuqori konsentrasiyalari faqat uran bilan bog'liq bo'lmasligi mumkin. Boshqa sabablar ham bo'lishi mumkin: masalan, burdalangan va darzliklarga zich bo'lgan muhitda emanatsion qobiliyat yuqori bo'ladi. Shuning uchun emanatsiya anomaliyalari yaroqsizlarini ajratish mushkul ish.

Qidiruv uchun quyidagi belgilarga ega bo'lgan emanatsion areallar ahamiyatli (qiziqarli) hisoblanadi:

- radonli yoki radon-toronli tabiatga ega emanatsiyalar ;
- radon (Rn) konsentrasiyasi fondan 5 va undan ko‘p marotaba yuqori bo‘lgan, chuqurlik bo‘yicha emanatsiya konsentrasiyasi va gamma-nurlanish jadalligi yuqorilashganda;
- emanatsion oreolda uran anomaliyasi mavjud bo‘lsa;
- areallar kattaligi yuzlab va minglab kvadrat metr bo‘lsa.

8. Quduq va lahlarda tabiiy radioaktivlikni tadqiqot etish

Quduqlarda radiometriya tadqiqotlari

Quduqlarda olib boriladigan radiometrik yoki yadro-fizikaviy metodlar (YaFM) yoki yana boshqacha nomi -radioaktiv karotaj (RK) – bu tabiiy va sun‘iy (undalgan) nurlanishlar yordamida tog‘ jinslarini yadroviy xususiyatlarini o‘rganishga qaratilgan metodlar majmuasi.

Quyidagi RK qo‘llaniladi:

- gamma-karotaj (GK) va spektrometrik gamma-karotaj (SGK);
- gamma-gamma-zichlilik karotaji (GGK-Z) va gamma-gamma-selektiv (litologik) karotaj (GGK-S);
- rentgen-radiometrik karotaj (RRK);
- neytronli gamma-karotaj (NGK), neytron-neytronli karotaj: issiqlik neytronlar bo‘yicha (NNK-IN) va ust-issiqlik (issiqlik energiyasidan yuqori bo‘lgan) neytronlar bo‘yicha (NNK-U), shuningdek spektrometrik neytronli gamma-karotaj: (SNGK);
- impulsli neytronli karotaj: (INK) va spektrometrik impulsli neytronli karotaj (SINK).

RK toifasiga yadroviy-magnitli rezonans uslubi ham kiradi. Unda vodorod yadrosining magnit va mexanik momentlariga tayangan holda yadroviy zarrachalar qayd etiladi.

RKning o‘zga xosliklari:

-RK ko‘rsatkichlari tog‘ jinslarining kimyoviy tarkibiga va ayrim elementlarning miqdoriga bog‘liq ravishda o‘zgaradi. Bu

yotqiziqlarni litologik tarkibiy qismlarga ajratish, foydali qazilmalarni to'g'ridan-to'g'ri qidirish mezonlari asosida izlov va razvedka ishlarini olib borish imkoniyatini beradi;

- RK ma'lumotlari jinslarning teksturaviy-strukturaviy xususiyatlariga bog'liq, bu esa o'z navbatida, boshqa uslublar bilan kompleksda, muhitning g'ovaklilik turini baholashga imkoniyat beradi;

- aksariyat RK metodlarini ochiq quduq tanasida ham, obsadka qilib jihozlangan quduqlarda ham qo'llash mumkin, shu tufayli kon-geologiya ishlarining barcha bosqichlarida ishlatilishi mumkin;

- RK metodlarining ko'rsatkichlariga faqat uncha katta bo'lmagan geologik muhit ta'sir etadi. Tadqiqot radiusi bir necha o'n santimetrlardan oshmaydi.

Gamma – karotaj (GK)

Integralli gamma-karotaj

Bu metod yordamida quduq bo'ylab tabiiy nurlanish -gamma-kvantlarning jadalligi o'lchanadi.

Turli yotqiziqlarning tabiiy nurlanishi ular tarkibidagi uran va toriy elementlarining miqdoriga bog'liq.

Tog' jinslari radioaktivligi ular tarkibidagi uran (235 va 238) va toriy (232) radioaktiv qatorlarining izotoplari va kaliy(40) izotoplari miqdoriga bog'liq. Har bir element ma'lum energiyali gamma-kvantlar tarqatadi.

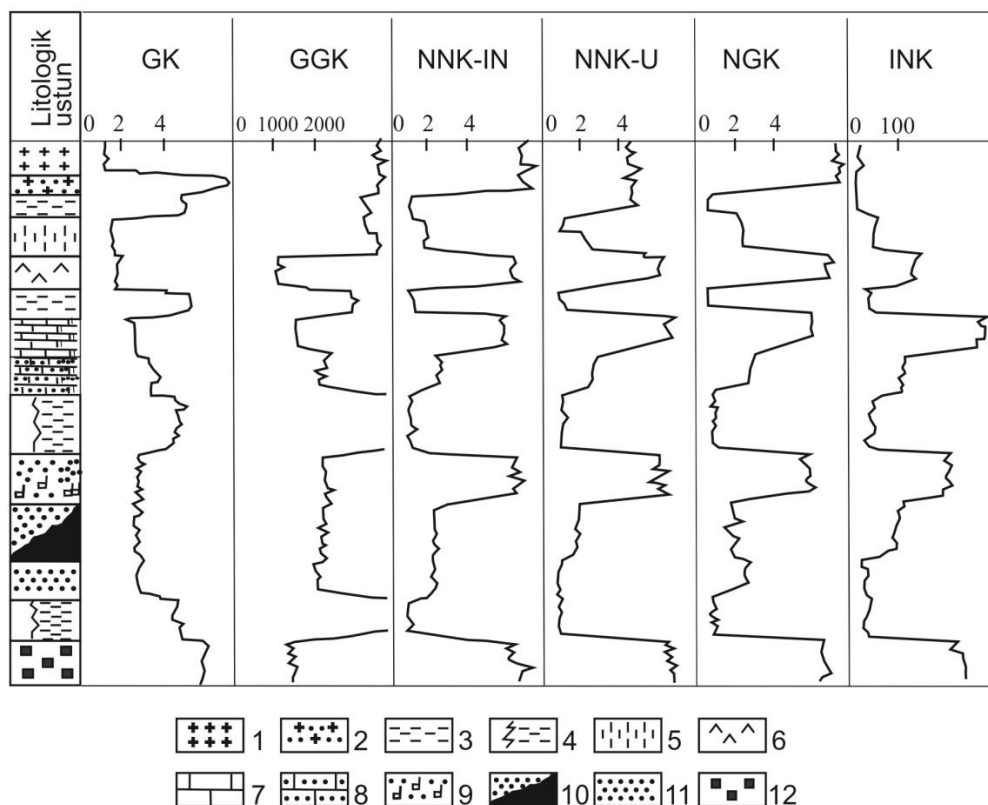
Kaliyni gamma-nurlanishi 1,46 MeV energiyasi bilan monoxromli. Uran va toriy qatorlari izotoplari bir nechta energetik spektrlarga ega.

Gamma-karotaj yordamida yechiladigan masalalar

GK - quduqlardagi tadqiqotlarning asosiy metodlaridan biri. Boshqa uslublar bilan uni obsadka (mustahkam) qilingan va

qilinmagan quduqlardagi geologik kesimini tarkiblarga ajratish, kesimlarni solishtirish, foydali qazilmalarni ajratish, gillilik tarkibini aniqlash, boshqa uslublardagi o'lchovlarni bir biri bilan teranlik bo'yicha bog'lash kabi vazifalar bajarishda ishlatishadi.

Tog' jinslari radioaktivligi ularning kimyoviy tarkibiga bog'liq. Ularda uran va toriy miqdori sanoatbop bo'lsa, I_γ ko'rsatkichlari yuqori bo'ladi. Neftgazli konlardagi cho'kindi jinslardan gillar radioaktivligi eng yuqori bo'ladi. Radioaktivligi kamroqlari - qumtoshli va ohaktoshli gilllar, keyin gilli qumlar, qumtoshlar, toza qumlar va past radioaktivlikka ega karbonat jinslar. Undan ham past radioaktivlikka gidrokimyoviy cho'kindilar (kaliy tuzlardan tashqari) va tosh ko'mirlar ega.



8.1- rasm. Cho'kindi jinslarda yadroviy metodlar bilan olingan sxematik diagrammalar:

1-toshli tuz; 2-kaliyli tuz; 3-gil; 4- yirik kavernali yemirilgan qatlam;

5 - gips; 6- angidrit; 7- kam qovakli ohaktosh; 8- yuqori qovakli ohaktosh; qumtoshlar (qum): 9-gazli; 10- neftli; 11- tovondagi; 12- metamorfik jinslar.

Ammo, orada radioaktivligi yuqorilashgan qumli (glaukonit va dalashpatli qumlar) va karbonat jinslar uchrab turadi. Shuning uchun GK diagrammalarining talqini kesimning geologik xususiyatlarini hisobga olgan holda bajariladi.

GK ko'rsatkichlari nafaqat radioaktivlikka, quduqlardagi o'lchov sharoitlariga ham bog'liq bo'lishi sababli, ularni ta'sirini kamaytirish uchun quyidagi (o'lchov birligisiz bo'lgan) ikkilamchi ayirma parametr ishlatiladi:

$$i\Delta I_{\gamma} = (I_{\gamma cheksiz} - I_{\gamma min}) / (I_{\gamma max} - I_{\gamma min}),$$

bu yerda $I_{\gamma cheksiz}$ - atrof muhitni tashkil qilgan jinslar uchun tuzatish kiritib to'g'rilangan I_{γ} ; $I_{\gamma max}$ va $I_{\gamma min}$ butun kesim bo'yicha maksimal va minimal ko'rsatkichlari.

Bu ikkilamchi ayirma parametr yordamida jinslarning gillilik xususiyatlari aniqlanadi ("QGT - kern" tajribalardan aniqlangan bog'lanish asosida).

Spektrometrik gamma-karotaj (SGK)

SGK yordamida jinslarning jamlangan (integrallangan) tabiiy radioaktivligi aniqlanadi va jinslardagi kaliy, uran va toriy miqdori aniqlanadi.

Asosiy vazifalariga quyidagilar kiradi:

- kesimni tipologik tarkiblash va korrelyatsiya;
- gillarni mineralogik va granulometrik baholash;
- gillarni mineral tarkibini aniqlash;
- kollektorlarning g'ovakligini o'rganish (boshqa metodlar bilan GKG, NNK, LK hamkorlikda);
- darzliklar zonalarini ajratish.

9. Qidiruvlarning boshqa radioaktiv uslublari

Radiogeokimyo metodlar

Radiogeokimyo metodlar tog' jinslari, yumshoq yotqiziqlar, suv hamda o'simliklardan olingan sinovlarda tabiiy radionuklidlar (TRN) va ularga yo'ldosh bo'lgan elementlarining zichligini aniqlashga asoslangan. Bunday kuzatuvlarni geokimyo metodlarga kiritishadi, ammo ularning xususiyatlari radiometriya kuzatuv metodlari qatoriga kiritilishining asosi bo'la oladi.

Radiogeokimyo syomkalar uch turga bo'linadi:

- 1) litokimyo;
- 2) gidrogeokimyo;
- 3) biogeokimyo.

Litogeokimyo syomkalar

Litogeokimyo syomkalar uch toifaga ajratiladi:

- a) tub tog' jinslaridan sinovlar olish yo'li bilan birlamchi areallarni o'rganish;
- b) yumshoq yotqiziqlardan sinovlar olish yo'li bilan ikkilamchi areallarni o'rganish;
- c) daryo-ko'llar tubidagi cho'kindilardan sinovlar olish yo'li bilan yoyiq va tarqoq elementlarni o'rganish.

Birlamchi areallarni o'rganish tog' lahmlarida va quduqlarda olib boriladi. Sinov olish nuqtalari maqsad va vazifalarga bog'liq. Sinov olish ketma ket tushirgan jo'yaklardan olinadi. Bir metrda $2-5 \text{ sm}^3$ lik siniq bo'lakdan bir nechta olinadi. Kuzatuv intervali odatda 5 sm, sinov hajmi 200 g ni tashkil etadi.

Ikkilamchi areallarni o'rganishda sinovlar ishonchli gorizontlardan olinadi va ularda tabiiy nuklidlarni bor-yo'qligi va tarqoqligi o'rganiladi. Sinov xajmi 200-300 g, gorizontning 0,2 - 0,4 m chuqurchalaridan, shurflardan yoki quduqlardan olinadi. Olingan sinovlar quritiladi, maydalanadi, kukunga aylantiriladi va laboratoriyaga analiz uchun yuboriladi.

Yoyiq va tarqoq ikkilamchi radioelementlarni suv ostidagi tub yotqiziqlardan olingan sinovlar yordamida o'rganish asosan gidrotarmoqlar (daryo va soylar) rivojlangan rayonlarda olib boriladi. Bunda uran va uning yo'ldoshlarining tarqoq elementlari aniqlanadi. Sinovlar doimiy soyozi yoki suv oqimi vaqtinchalik bor joylardan mayda zarrali va bir xil materialdan olinadi. Sinov olish qalinligi va qadam masofasi maqsad va vazifalarga bog'liq. Mayda masshtabli syomkada sinov qadami 300-500 m ni tashkil etadi. Yiriq masshtablarda (1:25 000 - 1:50 000) - 100 - 200 metrgacha bo'ladi.

Gidrogeokimyo syomka metodi

Gidrogeokimyo syomka tarqoq suvli areallarni o'rganish asosida radioaktiv ma'danli konlarni izlash uchun qo'llaniladi. Metod Yer yuzasidagi yoki Yer osti suvlardan sinovlar olinib, ulardagi tabiiy radionuklidlar va yo'ldosh elementlari miqdorini aniqlashga asoslangan.

Sinovlar shisha butilka yoki platsmass kanistralarga olinadi. Uran konsentratsiyasini aniqlash uchun 300 ml, Ra tarqoqligini aniqlash uchun 1 l suv olinishi kerak. Radonni aniqlash uchun sinovlar maxsus yuvish idishiga olinadi. Avvaliga uning ichidan havo tortib chiqariladi.

1:200 000 masshtabli syomkada har bir 4-10 km² maydondan bitta sinov olinadi. 1:5 minglik masshtabli syomkada esa bir sinov 1 km² maydonidan olinadi.

Biogeokimyo syomka metodi

Gidrotarmoqlar uncha rivojlanmagan rayonlarda qo'llaniladi. Radioaktiv ma'danlarni qidirish va bashoratlashda istiqbolli hisoblanadi.

Biogeokimyo syomka o'simliklar kulida uranning miqdorini o'rganishga asoslangan. Metod chuqurligi 20 - 50 m, anomaliyalar

maydoni boshqa radioaktiv metodlar yordamida kuzatilgan areallar maydonlaridan bir necha marotaba katta bo'lishi mumkin.

O'simliklardan olingan sinovlar kulga aylantirilib, lazerli-lyuminessent uslub (LLU) yordamida tahlil qilinadi. LLU - tabiiy ob'yektlardagi uran miqdorini aniqlash uchun uran birikmalaridan lyuminessentli nurlarni qo'zg'otib o'lchashga asoslangan metod. Lyuminessensiya impulsli ultrabinafshali lazer yordamida qo'zg'atiladi.

Suvli eritmalarni tahlili AUF-101 (ANGARA) apparaturasi yordamida bajariladi va uranni to 10^{-7} - 10^{-8} g/l zichlik miqdorigacha aniqlash mumkin. Sinov hajmi 3 ml, ishlab chiqarish tezligi - bir smenada 100 tagacha aniqlash.

Izotopli-qorg'oshinli uslub (IQU)

IQU uzoq vaqt yashovchi (uran-238, aktinouran-235, toriy-232) elementlar miqdori va parchalanish jarayonining so'ngi mahsuloti (qorg'oshinning tegishli izotoplari) miqdori va radioaktiv minerallashuvning yashash vaqti orasidagi bog'liqlikga asoslangan. qorg'oshinning qo'chish xususiyati past bo'lgani - IQU samaradorligi va ahamiyatligini baholaydi.

Bu metod yordamida ishqorlar ta'sirida yuvilib o'zgarayotgan uran areallarini birlamchi joylashgan holatini aniqlash mumkin. Ba'zan ilgari jadal uran areallari bo'lgan joyda 100 mln yillardan keyin faqat kichik anomaliyalar qolishi mumkin. Ularni qidiruv ishlari olib borishda ko'rmay o'tib ketish mumkin. Ayrim vaqtlarda esa, teskari bo'ladi - uranning yosh (1 mln yillik yoshdagi) ikkilamchi to'plamlari asossiz qimmatbaho burg'ilash ishlari orqali tadqiqot qilinadi. Metodni yuqori samaradorli qo'llash detal izlanishlar bosqichida maqsadga muvofiqdir. Sinovda 200 g mayda mahsulotlar ishonchli gorizontdan olinadi. Olingan sinov quritilib, maydalangan va ishqalab kukunga aylantirilgandan so'ng uranning zamonaviy miqdorini aniqlash uchun izotopli-spektral tahlil (IST) va rentgen-spektral tahlil (RST)ga yuboriladi. IST yordamida har bir sinovda radiogen yo'li

bilan hosil bo'lgan qo'rg'oshining anomal (*an*) miqdori (C_{an}^{206}) aniqlanadi.

Uranning birlamchi (qadimgi -qd) miqdorini (C_U^{qd}) sinov tahlili asosida aniqlangan qo'rg'oshin miqdori (C_{an}^{206}) orqali aniqlash quyidagi formula yordamida amalga oshiriladi:

$$C_U^{qd} = 1,16 * K^{206} * C_{an}^{206} ,$$

bunda K^{206} – uran minerallashuvining hosil bo'lish vaqtiga bog'liq koeffitsiyent.

Bu koeffitsiyent 100, 200, 400, 600 mln. yilar uchun tegishli ravishda quyidagilarga tengligi aniqlangan: 74,5; 37,1; 18,2; 11,9.

Anomal uchastkadagi hozirgi va qadimgi elementlar miqdorlari solishtirilib, uranning kelib to'planishi yoki yuvilib chiqib ketishi aniqlanadi.

Kosmik myuonlarni qayd etish metodi

Kosmik myuonlar - Yer atmosferasidagi havoning kimyoviy elementlari yadrolari bilan birlamchi kosmik nurlari protonlarining o'zaro ta'siri ostida hosil bo'ladigan elektronning massasidan 207 marta og'irroq bo'lgan elementar zarrachalar.

Hosil bo'lgan myuonlar katta ($E_{myu} = 10^{15} - 10^{17}$ eV) energiyaga ega. Moddalar bilan o'zaro ta'siri sust bo'lgani uchun tog' jinslari dan tashkil topgan geologik kesimga 2-3 km chuqurlikda kirib ketishi mumkin. Gamma (γ) - nurlar kabi kosmik myuonlar tog' jinslaridan o'tish jarayonida eksponentsial (darajaviy) qonun bo'yicha yutiladi.

Kosmik myuonlarni qayd etish metodi kosmik myuonlarning jadalligi (1 myu) ular o'tgan moddaning (tog' jinsining) massasiga bog'liqligiga asoslangan.

Yer geologik kesimida myuonlarning o'lgangan jadalligi va ularning yutilish qonuni asosida ular o'tgan tog' jinslar bloki zichligini aniqlash mumkin.

Quduqlarda myuonlar jadalligi o'lchash alohida nuqtalarda KMJO'-Q (kosmik myuonlar jadalligini o'lchagichi, quduqlar uchun) (ruschasi - ИИКМ-С -измеритель интенсивности космических мюонов, скважинный) apparaturasi yordamida olib boriladi.

Bu apparatura quduqli zond, stsintilyatsiya detektori va yer yuzida joylashgan boshqaruv pulti, energiya manbasi va elektr impulslar hisoblagichidan iborat. Darajalangan chiziqlar yordamida o'lgangan myuonlar jadalligi asosida tog' jinslari zichligi aniqlanadi.

Myuonli metod yer yuzasi va o'lchov nuqta yoki ikki kuzatuv nuqta orasidagi tog' jinslari zichligini aniqlashda qo'llaniladi.

O'rganilayotgan oraliq kattaligi bo'yicha myuonli metod zichlik gamma-gamma- karotaj va gravimetrik karotaj metodlari oraliq'ida turadi.

Geliyli syomka

Tadqiqotlar asosida ma'lumki, ma'danli (uran) konlari ustidagi radioaktiv elementlarga ega zonalar tuproqlari havosida geliy (^4_2He) miqdorlari yuqorilashgan bo'ladi. Radon, Toriy va Aktiniyga nisbatan geliy parchalanmaydi va katta chuqurdan yuqoriga, yumshoq yotqiziqlarga o'tishi mumkin. Shuning uchun geliyli syomka yumshoq qatlamlar bilan qoplangan rayonlarda istiqbolga ega.

O'rganilayotgan profillardan olinayotgan tuproqlardagi havo sinovlaridagi geliy miqdori mass-spektrograf yordamida aniqlanadi.

Metod amaliyotda keng qo'llanilishi kuzatilmaydi, chunki aniqlangan anomaliyalarni tushintirish qiyinchiliklari bor.

Uranga ega ma'danli jinslar qovakli gazlarida geliyning miqdori atmosferadagidan yuz va minglab marotaba yuqori

bo'lsada, uni miqdori ma'danli jinslar yuqorisidagi tuproq gazlarida atigi 10-15 % ni tashkil etar ekan. Shu bilan birga ayrim ma'dansiz bo'lgan zonalarda geliy yuqori miqdorda bo'lishi aniqlangan. Masalan, neft-gaz konlar tepasida radioaktiv konlar bilan bog'liq bo'lmagan geliyni yuqorilashgan miqdorlari uchrashi ma'lum.

Uranni quduqlarda to'g'ridan-to'g'ri aniqlash metodi

Uranni quduqlarda to'g'ridan-to'g'ri aniqlash metodi gidrogen konlarda qo'llash maqsadga muvofiqdir. Chunki bunday konlarda U va Ra lar radioaktiv muvozanating keskin va muvaqqat (o'zgaruvchanli) buzilishi kuzatiladi. Shuning uchun bunday konlarda gamma-karotajni qo'llash samarasiz bo'ladi.

Kuzatuvlar quyidagicha olib borilishi mumkin:

1. Spektrometrlar yordamida ma'lum profillar bo'yicha;
2. Rentgen-radiometrik karotaj olib borish;
3. Neytronli karotaj uslublari yordamida turli neytron oqimlarini qayd etish.

10. Radioaktiv moddalar bilan ishlashda mehnat muhofazasi va xavfsizlik

Radioaktiv moddalar nurlanishi jonzodlarga o'ta zararli ta'sir qiladi va ziyon yetkazadi. Insonning radioaktiv moddalar (RM) bilan nurlanishi uch toifaga ajratiladi: tashqi, ichki va aralash.

Tashqi - inson organizmidan tashqaridagi radioaktiv moddalardan nurlanishi. Ichki - inson organizmidagi ichki RM nurlanishi.

Tabiiy radioaktiv fon deganda Yer yuzidagi, atmosferadagi, tabiiy manbalari, hamda oziq ovqatlardagi, suvdagi, inson organizmidagi va kosmik nurlardagi radioaktiv elementlar tomonidan hosil qilingan radioaktivlik daraja tushuniladi.

Radioaktivlik nurlanishdan himoyalaniş uchun turli nurlar inson tanasiga turlicha ta'sir o'tkazishini, ular o'tuvchanlik xususiyati turlicha bo'lishini bilish lozim.

Alfa nurlanishning o'tuvchanlik xususiyati uncha katta emas, ammo organizm ichiga kirib qolsa ancha ziyon yetkazishi mumkin. Alfa nurlar ta'siri ostida yangi kimyoviy birikmalar hosil bo'ladi, ular ichki organlar faoliyatining buzilishiga olib kelishi mumkin.

Beta- nurlar tanaga 1-2 sm chuqurlikkacha kirishi mumkin.

Gamma-nurlar har qanday moddalar, to'siqlardan va inson tanasidan ham yengil singib o'tadi. Nurlanish vaqti va jadalligi qancha ko'p bo'lsa, shuncha ko'p zararli bo'lib ziyon yetkazadi.

Organizmga berilgan nurlanish energiya miqdori *nurlanish dozasi* deb ataladi. Tana massaning bir o'lchov birligini olgan energiya miqdori *yutilgan doza* deb ataladi. Yutilgan doza o'lchov birligi grey (Gr): $1 \text{ Gr} = 1 \text{ J/kg}$. Bu ko'rsatkich inson sog'lig'iga yutilgan doza zararining farqlanishini hisobga olmaydi. Buning uchun - boshqa ko'rsatkich - *ekvivalent doza* atamasi qabul qilingan. Ekvivalent doza o'lchov birligi zivert (Zv).

Zivert - bu radioaktiv nurlarning turlicha xavfga ega bo'lgan sifat ko'effitsiyentini (Q) hisobga oluvchi yutilgan dozaning o'lchov birligi sifatida qabul qilingan. Amaliyotda ekvivalent doza miqdorini aniqlash uchun boshqa parametr - rentgenning biologik ekvivalenti (Ber): $1 \text{ Ber} = 0,01 \text{ Zv}$.

Manbalarga nisbatan insonlarning guruhlanishi

Ionlashtiruvchi manbalarga nisbatan davlat ahli uch guruhga bo'linadi:

- radioaktiv manbalar bilan bog'liq personal ("A" kategoriyali);
- chegaralangan aholi qismi ("B" kategoriyali) - manbalarga yaqin yashovchi va nurlanish xavfi bor aholi;
- aholi ("D" kategoriyali) - davlat, o'lka, viloyat aholisi.

"A" kategoriyali guruh uchun maksimal mumkin bo'lgan nurlanish yillik yo'l qo'yilgan doza darajasi (YQDD) (ruscha

"предельно допустимая доза" - ПДД) dan oshmasligi kerak. YQDD -yil mobaynida mumkin bo'lgan, inson va uning avlodlari sog'lig'iga zarar yetkazmaydigan nurlanishning darajasi.

Ish davrida (t vaqtda) yig'ilgan nurlanish dozasi $D = 5t$ Ber dan oshmasligi kerak. Demak yillik YQDD 5 Ber ga teng.

"B" kategoriyali guruh uchun doza chegarasi (DCH) (ruscha "predelnaya doza" -PD) tushinchasi qabul qilingan - bu yillik ekvivalent doza chegarasi. U bir yilda 0,005 Zv (0,5 ber) dan oshmasligi kerak.

"D" kategoriyali guruh (aholi) uchun doza miqdorlari tibbiyotda atrof muhit (suv, havo, oziq ovqat) radioaktivligini nazorat etish uchun qabul qilingan tartib asosida aniqlangan.

Radioaktiv moddalar bilan ishlash xavfsizligi va mehnat muhofazasi maxsus qabul etilgan Normalar (НРБ - "Нормы радиационной безопасности и основные санитарные правила работ с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений"), hamda geofizik ishlarning "Xavfsizlik texnikasi instruksiyasi"ga tayangan holda olib borilishi kerak.

Geofizik tadqiqotlarda radioaktiv moddalar bilan ishlashning asosiy qoidalari

Qidiruv va razvedka geofizik ishlari olib borishda insonga zarar yetkazishi mumkin bo'lgan asosiy radioaktiv moddalar sifatida "namunalar" va "etalonlar" ishlatiladi. Ular bilan ishlashda quyidagi qoidalarga rioya qilish lozim:

1) standart manbalarni ("etalonlarni") cho'ntaklarda, ryukzaklarda, dala sumkalarida olib yurish mumkin emas;

2) manbalarni maxsus, qalin - 21,102 A/kg ko'p bo'lmagan ekvivalent dozasini o'tkazishi mumkin konteynerlarda saqlash va olib yurish lozim;

3) standart 0,5 mg dan ko'p bo'lgan "(Ra) etalon" larni maxsus 50 sm dan kam bo'lmagan uskunalar bilan ushlab ishlatish kerak;

4) qabul qilingan bir kunlik yo‘l qo‘yilgan doza $0,044 \cdot 10^{-4}$ Ku/kg dan oshmasligi kerak;

5) zararli ichki nurlanishning oldini olish uchun quyidagilar taqiqlanadi:

a) kerakli idishlarga o‘tkazish og‘iz bilan ampuladan suyuq Ra etalonlarini so‘rish;

b) Rn miqdori kon lahmlari havosida yuqorilashganda ventilyatsiya qilinmasdan ishlash. Bunda Rn emanatsiyasi miqdori $3.7 \cdot 10^3$ Bk/m³ dan oshmasligi kerak.

d) ochiq radioizotoplar bilan ishlanayotgan xonada ovqatlanish, suv ichish, chekish;

e) qo‘lni yahshilab yuvmasdan ovqatlanish;

f) radioaktiv elementalari ($U > 5 \cdot 10^{-5}$ g/l , $Ra > 5 \cdot 10^{-11}$ g/l , $Rn > 37 \cdot 10^3$ Bk/m³ ko‘p)yuqori konsentrasiyaga ega bo‘lgan suvni ist’mol qilish.

Radiometrik va yadro-fizikaviy tadqiqotlar amaliyotida inson organizmini himoyasining asosiy usullarning uch toifasi mavjud: *vaqt ta’siri bilan, masofa o‘zgartirish va to‘siqlar bilan*

Vaqt bo‘yicha himoya - nurlantirish zonasida bo‘lish vaqtini qamaytirish yo‘li bilan.

Masofa bilan himoyalash - manbalardan insonni yoki insonlardan manbalarni uzoqlashtirish yo‘li bilan, masalan : maxsus uzun tutqichlar yordamida etalonlarni ushlash.

To‘siqlar nurlanish turiga qarab turlicha bo‘lishi mumkin. Alfa (α) - nurlanishdan himoyalalanish uchun bir qog‘oz varog‘i, yoki 10-20 sm havo kifoya.

Betta (β) - nurlanishda - to‘siq sifatida 1,4 mm qalinlikdagi qo‘rg‘oshin yoki 5,5 mm alyumin tunikasi kifoya.

Gamma (γ)- nurlanishdan himoyalalanish uchun - qalin qo‘rg‘oshinli to‘siqlar, beton va boshqa materiallar zarur. Ularning qalinligi maxsus jadvallar yordamida hisoblanishi mumkin.

Radiolaktiv moddalarni inson organizmiga kirishdan himoyalash uchun maxsus respiratorlardan foydalanish tavsiya etiladi.

Neytronli manbalar bilan ishlashda boshqa qoidalarda amal qilinadi.

Dozalarning asosiy chegaralari
(<http://www.wdcb.ru/mining/zakon/NRB99.htm>)

10.1-jadval

Normalashtirilgan kattaliklar *	Dozalar chegaralari		
	A kategoriyasi **	B kategoriyasi	D kategoriya
Effektiv dozasi	yiliga oʻrtacha 20 mEv ketma-ketlikdagi qar qanday 5 yil uchun, ammo yiliga 50 mZv koʻp emas	Effektiv dozasi	yiliga oʻrtacha 20 mEv ketma-ketlikdagi qar qanday 5 yil uchun, ammo yiliga 50 mZv koʻp emas
Bir yillik ekvivalent doza: - koʻz qorachigʻida*** - terida**** - qoʻl panjasi va oyoq kaftida	150 mZv 500 mZv 500 mZv	38mZv 125 mZv 125 mZv	15 mZv 50mZv 50mZv

Izohlar:

* Hamma normalashtirilgan kattaliklar boʻyicha koʻrsatilgan chegaragacha bir vaqtda nurlantirish yoʻl qoʻyiladi.

** dozalarning asosiy chegaralari, B kategoriyali guruhning qolgan yoʻl qoʻyilgan darajalari kabi, A guruhning dozasi toʻrtidan bir qismiga teng.

*** Chuqurlikdagi 300 mg/sm² dozasi tegishli.

**** 5 mg/sm² qoplam tagidagi 5 mg/sm² qalinlikdagi teri qatlamining 1 sm² maydonining oʻrtacha miqdoriga tegishli. qoʻl kaftidagi qoplama qalinligi 40 mg/sm². Bu chegaradagi doza bilan inson terisini nurlanish sharti - bu daraja har bir 1 sm² teri uchun oshmasligi kerak. Yuz terisini nurlanish doza chegarasi koʻz qorachigining beta-nurlanish dozasi koʻpaymasligi kerak.

Quyidagi yoʻl qoʻyilgan neytronlar zichligi aniqlangan: issiqlik energiyali neytronlar uchun- 700 neytr/sm²xs; oraliq energiyali neytronlar uchun - 430 neytr/sm²xs ; tezligi yuqori boʻlgan neytronlar uchun - 19 neytr/sm²xs.

O‘zbekistonda radiatsiya xavfi hisoblanishi davlat tomonidan qabul qilingan hujjatlar asosida olib boriladi (NRB-2006 va OSPORB-2006). Ular quyidagi ko‘rsatkichlar bilan tavsiflanadi:

45 yoshdan oshmagan ayollar uchun qo‘shimcha chegaralar kiritiladi: 1 oylik ekvivalent doza qorindan pastki qismlari uchun 1 mZv dan oshmasligi kerak, radionuklidlarni organizmga kirishi personal (A) uchun yillik kirish dozasining 1/20 dan oshmasligi kerak. Bunday sharoitda ikki oylik aniqlanmagan homila uchun doza 1 mZv dan ko‘paymadi.

Homila aniqlangan zahoti ayol bu to‘g‘risida rahbariyatni oqoqlantirishi kerak va boshqa ishga o‘tkazilishi lozim.

Ishchi personal guruhi uchun ko‘z qorachg‘ining nurlanish ekvivalent dozalari uchun monoenergetik elektronlar oqimining yo‘l qo‘yilgan o‘rtacha yillik zichliklari

10.2-jadval

Elektro- nlar energiya, MeV	Bir flyuens o‘lchov birligi uchun ko‘z qorachig‘idagi ekvivalent doza 10^{-10} $Zv \cdot sm^2$		Xodimlar uchun o‘rtacha yillik <i>yo‘l qo‘yilgan oqim zichligi</i> $YQOZ_{xodim}$	
	IZO	PZ	IZO	PZ
0,80	0,08	0,45	3100	540
1,00	0,75	3,0	330	80
1,50	1,9	5,2	130	50
2,00	2,2	4,8	110	50
4,00	2,6	3,3	95	75
7,00	2,9	3,1	85	80
10,0	3,0	3,0	80	80

Izoh: IZO - izotropi (2-talik) nurlanish maydoni; PZ - parallel nurlar bilan nurlash - oldi va orqa geometriyadan.

Ekvivalent doza quvvati
(tashqi nurlanishdan himoyalani shni loyihalashda)
10.3 -jadval

Nurlanayotgan kategoriyalar	Xonalar va hududlar turi	Nurlanish davomiyligi, soat/yil	Ekvivalent dozaning loyihaviy quvvati, mkZv/soat
Kategoriya A	Personalning doimiy ish joyi	1700	6,0
	Personalning vaqtincha ishlash joyi	850	12
Kategoriya B	Korxona xonalari va sanitar-himoya zonalari	2000	1,2
Kategoriya D	Boshqa turdagi xonalar va joylar	8800	0,06

Manbalar bilan bog‘liq jarayonlarda talabalar va 16 yoshdan katta maktab o‘quvchilarining yillik yo‘l qo‘yilgan dozalari B guruh uchun o‘rnatilgan dozadan oshmasligi kerak.

Tezkor chora ko‘rish zarurati bo‘lgan bashoratli
nurlanish darajalari

10.4-jadval

Tana a‘zosi yoki qismi	Tana a‘zosi yoki qismi 2 sutkada yutgan dozasi , Gr
Barcha tana	1
O‘pka	6
Teri	3
Qalqansimon bez	5
Ko‘z qorachiqi	2
Gonadalar (ishlab chiqaruv jinsiy organlari)	3
Homila	0,1

Personalning nurlanish dozalarining individual nazorat natijalari 50 yil davomida saqlanishi kerak. Individual nazorat olib borishda yillik effektiv va ekvivalent dozalar, 5 ketma-ket yillarning effektiv dozasi hamda ish davomida jamlangan doza ma'lumotlari qayd etib borilishi lozim.

11. Yadro-geofizik razvedka metodlari asoslari

Yadro-geofizik razvedka metodlari ikki turga bo'linadi: radiometrik va yadro-fizik razvedka metodlari mavjud.

Radiometrik razvedka metodlari

Radiometrik razvedka (radiometriya) metodlari- bu ma'danlar va tog' jinslarini *tabiiy radioaktivligini o'rganishga asoslangan* radioaktiv ma'danlarni izlash, razvedka qilish, ularni radiometrik sinovdan o'tkazish, hamda boshqa izlov -xaritalash vazifalarini yechishga qaratilgan metodlar majmuasi.

Radioaktiv razvedka qilish imkoniyatlari, birinchidan, ma'danlar va tog' jinslari turli radioaktivlikka ega bo'lgani sababli, ikkinchidan, Yer osti suvlari oqimi va tuproq havosi yordamida radioaktiv elementlarni boshqa joylarda ko'chishi bilan bog'liq. Radiometriya metodlari chuqurligi katta emas (1 m gacha). Shuning uchun qidiruv ob'yektlari sifatida radioaktiv elementlarining oreollari xizmat qiladi.

Barcha turdagi radioaktiv nurlanishlardan eng katta o'tuvchanlik xususiyatga gamma-kvantlar ega - bu radiometriyada asosan gamma-syomka metodlari qo'llanilishiga sabab bo'ladi. Bu metodlar tabiiy radioaktiv nurlanish jadalligini, va yanada ko'proq uning energetik spektr tarkibini o'rganadi.

Gamma-syomka yordamida radioaktiv ma'danlarni aniqlash samaradorligi nafaqat izlanayotgan ma'danlar gamma-

nurlanishining jadalligiga (I_γ), normal fon (I_{nf}) darajasiga ham bog'liq. Bu normal fon ma'danlarni ustidagi qoplama jinslar tabiiy foni (I_{jtf}) va kosmik nurlanish hamda asbobning "ifloslanishi" tufayli sodir bo'lgan qoldiq fon (I_{qold}) yig'indisi bilan tavsiflanadi:

$$I_{nf} = I_{jtf} + I_{qold}$$

O'rtacha normal fon oldingan ma'lum bolgan anomaliyalar yo'q joylarda aniqlanadi:

$$I_{nf} = \sum_{i=1}^N (I_{nf\ i} / N),$$

Bu yerda $I_{nf\ i}$ - normal fon hisoblash uchun qabul qilingan hamma N nuqtalardan har qanday i -li nuqtadagi gamma-nurlanish jadalligi.

Gamma-syomka natijasida anomaliyalar sifatida quyidagi formula yordamida aniqlangan normal fonning o'rtacha kvadrat og'ishidan σ_{nf} uch marotaba va undan ko'proq bo'lgan qiymatlar qabul qilinadi:

$$\sigma_{nf} = \sqrt{\sum_{i=1}^N (I_{nf\ i} - I_{nf})^2 / (N - 1)}$$

Bundan tashqari, anomaliya deb qabul qilinayotgan qiymatlar uch va undan ko'proq nuqtalarda aniqlangan bo'lishi kerak. Bu "uch sigma va uchta nuqta qoidasi" deb ataladi.

Xaritalash uchun ishlatilayotgan gamma-syomkada kuzatilgan normal fon (I_{nf}) qiymatidan qoldiq fon (I_{qold}) qiymatlari ayiriladi:

$$\Delta I_{\gamma i} = I_{\gamma i} - I_{nf} - I_{qold}$$

Qoldiq fon oldindan ma'lum bo'lgan radioaktivsiz jinslar (ohaktoshlar, kvartslı qumlar) joylashgan maydonlarda yoki daryolar va ko'llar yuzalarida aniqlanadi.

Radiometriya metodlariga havodagi, avtomobil, piyodali, chuqurli gamma-syomkalari, tog' jinslari radiometrik tahlili, emanatsiyali syomka hamda tub jinslari ochiq joylaridagi va kon lahmlaridagi radioaktiv elementlar zichligini aniqlashdagi sinovlar olish metodlari kiradi. Tog' lahmlarida bundan tashqari kosmik nurlanishning qattiq qismi o'rganiladi. Bu mavzularni yoritish boshqa ma'ruzalarda amalga oshirilgan. Bu erda faqat asosiy metodlardan bo'lmish va kesimlarni o'rganishda, konlarni izlov razvedkasida keng qo'llanadigan gamma-syomka metodi vazifalarida to'xtalib o'tamiz.

Gamma-syomka yordamida yechiladigan vazifalar

Gamma va spektrometrik gamma-syomka na faqat radioaktiv ma'danlarni, balki radioaktiv bo'lmagan, ammo radioaktiv ma'danlar bilan fazoviy bog'liq bo'lgan foydali qazilmalarni ham izlash va razvedka qilish uchun ishlatiladi. Masalan, kamyob Yer elementlari, boksitlar, qalay, berilliy konlari atrofida toriyning miqdori ko'payishi kuzatiladi; niobiy, tantal, volfram, molibden konlariga - uran miqdori; ayrim polimetall konlarga - kaliy miqdori ko'payishi kuzatiladi.

Boshqa geofizik metodlari bilan gamma-syomkani komplekslash yordamida qattiq foydali qazilmalar, ayniqsa tarkibida radioaktiv elementlari qo'shimcha bo'lgan qazilmalarni, hamda neft va gazlarni izlash mumkin.

Gamma-syomkani geologik xaritalash vazifalarini yechishda ishlatga bo'ladi. Tog' jinslarining tabiiy radioaktivligi turlicha bo'lgani, hamda ularni yutish va gaz chiqarish xususiyatlari turlicha bo'lgani uchun ularni litologik tarqiblash, burdalanganlik darajasini aniqlash, gillashganligini, tektonik buzilishlarni aniqlash va boshqa vazifalar yechishda qo'llash mumkin.

Yadro-fizik razvedka metodlari

Yadro-fizikaviy (izotopli) metodlari - bu tog' jinslarining turli energiyalarga ega neytronlar va gamma-kvantlar bilan *sun'iy nurlash yordamida* elementli-ekspressli kimyoviy tahlil metodlari majmuasidir.

Sun'iy yadro-fizikaviy metodlarda tog' jinslari namunalari, kon lahmilari devorlarini va tog' jinslari ochiq joylarini nurlash turli radioaktiv elementlarining yoki ularning aralashmalaridan tayyorlangan ampula shaklidagi manbalar yoki neytronlar generatori yordamida amalga oshiriladi. Turli nurlanish energiyasini ta'minlash uchun ularni sekinlashtiradigan ekranlar ichiga joylashtirishadi, gamma-nurlanish uchun - qo'rg'oshinli, neytronlar uchun - kadmiyli yoki parafinli.

Amalda yadro-fizikaviy uslublar asosan quduqlarning geofizik tadqiqotlarida (QGT, ruchasi -ГИC) keng qo'lanadi. Bu mavzu keying mavzularda kengroq yoritilgan.

Bu yerda biz ayrim tog' jinslari namunalari va ochiq tub yotqiziqlarini o'rganishda qo'llanadigan laboratoriya metodlari bilan tanishamiz. Bunday metodlar qatoriga neytronli metodlar va gamma-metodlar kiradi.

Neytronli metodlar

Neytronli metodlarga quyidagilar kiradi - aktivatsion tahlil, neytron tahlil va gamma-spektral metod.

Aktivatsion tahlil – bu tog' jinslarini tez va sekin neytronlar bilan nurlantirib sun'iy chaqirilgan radioaktivlikni o'rganish metodi. Metodni qo'llash jarayonida nurlanish vaqti ham, chaqirilgan alfa-, beta- yoki gamma-faollik vaqti ham o'zgarishi mumkin. Masalan, nurlantirish tugagandan so'ng turli vaqtlar uchun ikkilamchi gamma-nurlanish jadalligini o'lchab, $I_{\gamma n}(t)$ bog'liqlik grafikidan o'rganilayotgan namuna uchun yarim parchalanish davrini va radioaktiv elementlar miqdorini baholash mumkin.

Aktivatsion tahlil metodi aktivatsion xususiyati yuqori bo'lgan Al, Cd, Cl, Su, K, Mn, Na, R, Si va b. elementlarga nisbatan yuqori sezuvchanlikka ega.

Neytron tahlil asosida tog' jinslarini sekin harakatli neytronlar bilan nurlantirib issiqlik energiyali neytronlar oqimi zichligini (I_{nn}) yoki ikkilamchi gamma-nurlanish ($I_{n\gamma}$) jadalligini o'rganish yotadi. I_{nn} (yoki $I_{n\gamma}$) ko'rsatkichlarini manbagacha bo'lgan masofa bilan bog'lanish grafiklari moddaning yutuvchanlik xususiyatlarini tavsiflaydi. Ular asosida sekin harakatlanuvchi neytronlarning yutish xususiyatli yadrolarga ega bo'lgan elementlari (V, Fe, Cd, Cl, Li, Mn, Hg, kamyob Yer elementlari va b.) aniqlanadi.

Bor elementini 25 sm gacha qatlamlarda aniqlash uchun avtomobil va piyodali syomkalar keng qo'llanadi.

Gamma-spektral metod yordamida radiatsion tutishning ikkilamchi gamma-nurlanishining $I_{n\gamma}$ energetik spektr tarkibini o'rganish olib boriladi. Bunday tadqiqotlar olib borish imkoniyatini nurlanayotgan tog' jinsining har bir elementi issiqlik neytronlarini tutib, ma'lum $I_{n\gamma}$ jadallik va spektrga ega energiya chiqaradi. Gamma-spektral metod Fe, Cu, Ni, Al, K, Na va b. elementlarga ega bo'lgan ma'danlarni tahlil qilish uchun qo'llanadi.

Gamma-metodlar

Gamma-metodlarga quyidagi metodlar kiritilgan: fotoneytronli tahlil, zichlilik gamma-gamma metod, selektiv gamma-gamma metod va rentgen-radiometrik metod.

Fotoneytronli tahlil maydalangan tog' jinslarining namunalarini (1-2 MeV dan) yuqori energiyali qattiq gamma-kvantlar bilan nurlash va ikkilamchi neytronlar $I_{\gamma n}$ jadalligini o'rganishdan iborat. Bu $I_{\gamma n}$ ko'rsatkichning berilliy va deyteriy hozirligida ko'payishi ayni shu elementlarga boy bo'lgan jinslar, masalan, deyteriy ko'p bo'lgan suvli gorizontlarni va neftli yotqiziqlarni o'rganishda keng qo'llanadi.

Zichlilik gamma-gamma metod. Tog' jinslari 0,3 MeV dan yuqori energiyali gamma-kvantlar bilan nurlanganda, ularda kompton yoyilish kuzatiladi. Bu kompton yoyilishing jins hosil qiluvchi minerallar tarkibiga bog'liqligi yuqori emas. Uning $I_{\gamma\gamma}$ jadalligi jins zichligiga bog'liq va zichlik o'zgarishiga nisbatan ekvipotentsial qonuniyatiga muvofiq o'zgaradi. Gamma-gamma zichlik metodi ayni shu xususiyatga asoslangan. Bu metod yordamida 20 sm gacha qalinlikga ega qatlamlar zichligi aniqlanadi.

Selektiv gamma-gamma metod. Tog' jinslari 0,3 MeV dan past energiyali gamma-kvantlar bilan nurlanganda, ularda fotoelektrlik yutilishi ro'y beradi. Shunda nurlar energiyasi pasayishi tog' jinsining effektiv atom raqamiga bog'liq bo'ladi. O'z navbatida atom raqam - jinslar zichligining belgisi. Ayni shu bog'lanishga asoslangan selektiv gamma-gamma metod yordamida namunalar tarkibida, ochiq yotqiziqlar va lahm devorlarida og'ir (Fe, Hg, Sb, Pb, W va b.) elementlar miqdori aniqlanadi.

Rentgen-radiometrik metod. Tog' jinslari yumshoq, 0,1 MeV dan kam energiyali gamma-kvantlar bilan nurlanganda, ularda rentgen nurlanishi kuzatilishi mumkin. Rentgen-radiometrik metod ushbu nurlanishni o'rganib tog' jinslari tarkibida (Fe, Pb, Mn, Mo, Sb, Sn, Cr, W, Zn va b.) elementlarini aniqlashga qaratilgan.

12. Yadro geofizikasida gamma-usullar

Gamma-gamma-karotaj (GGK)

Uslub jinslarni gamma-kvantlar bilan yoritib (nurlantirib) keyin detektorga etib borgan yoyilgan gamma-kvantlarni qayd etishga asoslangan.

Gamma-gamma-karotaj ikki turga bo'linadi: zichlikga qaratilgan (GGK-Z) va selektiv (tanlovli) (GGK-S).

Zichlik GGK-Z metodi jinslardan qisman-qisman bo'lib tarqalayotgan energiyasi moddaning elektron zichligiga mutanosib (proporsional) bo'lganiga (kompton effekt nurlanishiga) asoslangan.

Buni quyidagi ifoda bilan tavsiflash bo'ladi:

$$\sigma_E = (2Z/A)\sigma$$

bu yerda : Z- element tartib raqami, A – atom massa soni; σ – oddiy zichlik.

Bunday o'lchovlar natijasida jinslar zichligini baholash mumkin. Tarikibi asosli bo'lgan jins hosil etuvchi elementlar uchun $\sigma_E = \sigma$. Ammo vodorod uchun $\sigma_E = 2.0$, suv uchun $\sigma_E = 1,1$. Bu ko'rsatkichlar asosidagi natijalar qatoliklari uncha katta emas va talqin etishda hisobga olinishi qiyin emas.

GGK-Z metodida manba sifatida nisbatan katta energiyali gamma-kvantlar (maksimum - 0,5 -1.0 MeV) ko'llanadi. Avvaliga gamma-kvantlarni aksariyat qismi bir necha bosqich qayishqoq yoyilish (kompton-effekt) jarayonida energiyasini yo'qotadi, keyinchalik foto-effekt sifatida yutiladi. Yutilmagan, energiyalari 0,2 - 1,0 MeV bo'lgan, gamma-kvantlar qismi (kompton effektga moyillari) detektorlarga etib keladi va o'lchovlar asosini tashkil qiladi.

GGK-Z kuzatuv zond-moslamasi statsionar nurlanish manbai va ikki qabul qiluvchi detektordan iborat. Bu zond odatda mustaqamlanmagan quduqlarda ishlatiladi.

Metod yordamida jinslarni zichligi baqolanadi va ma'lumotlar yordamida kesimni litologik tarkiblash mumkin.

Zamonaviy modifikatsiyalarida metodning vertikal kuzatuv imkoniyati (qadami) - 40 sm, gorizontal (qadami) - 15 sm, kesimni kuzatish chuqurligi - 10-20 sm. Tadqiqot quduqlarining diametrlari 100 - 350 mm.

Selektiv (GGK-S) metod jinslarni va ma'danlarni moddiy tarkibini va ularni litologiyasini o'rganishga qaratilgan. Qayd etilayotgan gamma-kvantlar energiyasi foto-effekt doirasiga

to'g'ri keladi. Bu doirada gamma-kvantning yutilishigacha o'tgan o'rtachakvadratli masofasi (Ly) jinsni zichligiga emas, ularni tashkil etgan elementlarning atom raqamiga (Z) bog'liq. Atom soni (Z) jinsning litologiyasini tavsiflaydi, shu tufayli G GK-S metodini litologik karotaj deb atashadi.

Ishlarni fotoeffekt rejimida ta'minlash uchun G GK-S metodida nurlash manbai sifatida biroz yumshoqroq nurlantiruvchilar -selen $^{75}_{34}\text{Se}$ yoki tuli $^{170}_{69}\text{Tm}$ ishlatiladi. Ularning energiyasi o'ndan to yuzlargacha KeV ga ega.

Metod surma, qo'rg'oshin, simob, temir, tosh ko'mirlar va yonuvchi slanetslar qidiruvida qo'llanadi. Neftgazli konlarda uni kalsitlashuvni baholashda ishlatga bo'ladi.

Rentgen-radiometrik karotaj (RRK)

Bu metod jinslar tarkibiga kiruvchi elementlarning rentgen nurlarini qo'zg'atib o'lchashga asoslangan.

Tabiiy holatdagi jinslar nisbatan past energiyali, fotoeffekt ehtimoli ko'proq bo'lgan gamma-kvantlar bilan nurlantiriladi. Ularning yutilishida hosil bo'layotgan nurlanish spektrometr apparaturasi yordamida qayd etiladi.

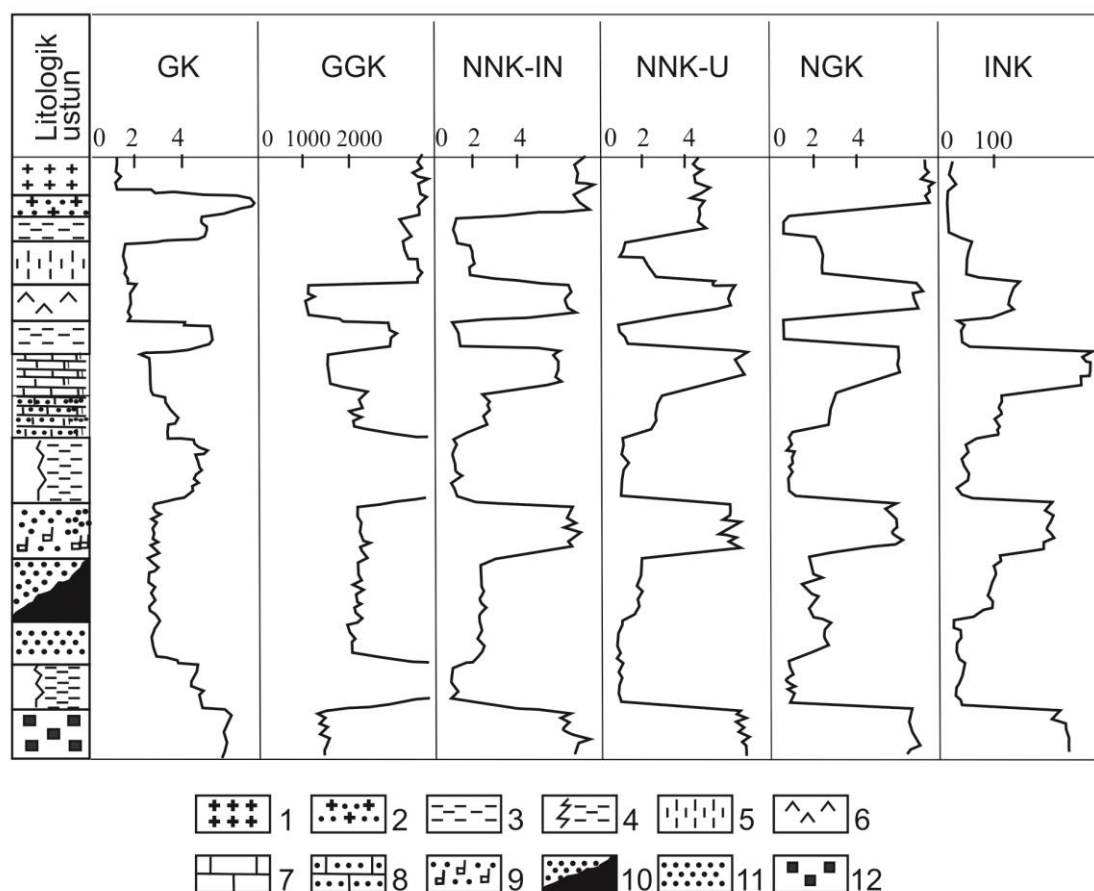
Diagrammalarda kuzatilgan maksimumlar ayrim elementlar miqdoriga mos va ularni o'sha toifadagi elementlarni ajratish va miqdorini baholash uchun qo'llasa bo'ladi. Atom raqami yuqorilashgan elementlarda gamma-kvantlarni yutish xususiyatlari kuchayadi. Shu tufayli RRK yordamida, birinchi navbatda, tarkibida og'ir elementlar bo'lgan minerallar aniqlanadi va ularning miqdori baholanadi.

Rentgen nurlari jinslar bilan jadal yutiladi, shu sababli metodning izlanish uzoqligi bir necha millimetrni tashkil etadi.

Metodning asosiy qadr-qimmatligi - quduqlardagi ma'danli elementlarni aniqlash imkoniyati.

Metod qo'rg'oshin, simob, volfram, vismut, tillo va b. ma'danli zonalarni chegaralashda, sinov ishlarini olib borishda va baholash parametrlarini aniqlashda ishlatiladi.

Neft-gazli konlarda qo‘llanmaydi.



12.1- rasm. Cho‘kindi jinslarda yadroviy metodlar bilan olingan sxematik diagrammalar

1-toshli tuz; 2-kaliyli tuz; 3-gill; 4- yirik kavernali emirilgan qatlam; 5 - gips; 6- anhidrit; 7- kam g‘ovakli ohaktosh; 8- yuqori g‘ovakli ohaktosh; qumtoshlar (qum) : 9-gazli; 10- neftli; 11- tovondagi; 12-metamorfik jinslar. O‘lchov birliklari: impuls/minute (imp/min), (usl.ed.- shartli belgida), zichlik g/sm^3 , kg/sm .

Bundan tashqari, quyidagi uslublar mavjud:

- neytronli gamma-karotaj (NGK), neytron-neytronli karotaj: issiqlik neytronlar bo‘yicha (NNK-IN) va ust-issiqlik neytronlar bo‘yicha (NNK-U), shuningdek spektrometrik - neytronli gamma-karotaj: (SNGK);

- impulsli neytronli karotaj: (INK) va spektrometrik impulsli neytronli karotaj (SINK).

RK toifasiga yadroviy-magnitli rezonans uslubi ham kiradi. Unda vodorod yadrosining magnit va mexanik momentlariga tayangan holda yadroviy zarrachalar qayd etiladi.

13. Yadro geofizikasida neytron usullar

Yadro geofizikasida gamma-nurlashdan tashqari neytronlar bilan nurlash keng qo'llaniladi. Bu nurlar yadroviy reaksiyalar natijasida (masalan poloniy bilan berilliy aralashish vaqtida) paydo bo'ladi yoki boshqariladigan neytronlar generatorlari yoki tsiklotronlar yordamida yaratiladi.

Neytronlar oqimi xususiyatlari

Barcha turdagi nurlanishlarga qaraganda neytron oqimi eng katta o'tuvchanlik xususitga ega. Neytron nurlari har qanday yadrolardan hatto eng og'ir yadrolardan ham yengil o'tadi. O'tish jarayonida neytronlar harakati sekinlashadi va muhit tomonidan yutiladi. Yutilish muddati juda qisqa - mikrosekunddan to millisekundgacha.

Neytronlar oqimi yadrolarga yetib borib yadroviy reaksiyalar hosil qiladi: qayishqoq va noqayishqoq nurlanish, radiatsion yutilish, yadrolarning parchalanishi yuz beradi.

Neytronning quvvatini yo'qotishi va harakat tezligining kamayishi yadro massasiga bog'liq. Yadro massasi qancha kichik bo'lsa, neytron energiyasini shuncha kam yo'qotadi.

O'zining quvvatini va tezligini yo'qottan neytron yadro bilan yutiladi, shu tariqa yadroda sun'iy radioaktivlik hosil bo'ladi. Yutilish jarayoni gamma (γ)-kvantlar, protonlar va γ - nurlarining sochilishi bilan birga sodir bo'ladi. Eng og'ir yadrolarda esa (U, Th) neytronlar harakati natijasida bo'linish jarayoni ro'y berishi mumkin.

Umuman olganda neytronlar oqimi moddalardan o'tishida o'z harakatini susaytiradi va yadrolar bilan yutilgan neytronlar qismini

yo‘qotadi. By jarayonlarni maxsus asboblarni bilan o‘lchash mumkin.

Shunday qilib, neytron oqimlarining jadalligini o‘lchab, foydali qazilma konlaridagi ma‘danlar tarkibidagi kimyoviy elementlarni aniqlash mumkin.

Neytron usullar asosan uch turga bo‘linadi: aktivatsion tahlil, neytron tahlil va gamma-spektral metod.

Aktivatsion tahlil

Aktivatsion tahlil tog‘ jinslarini tezligi kam (sekin) yoki ko‘p (tez) neytronlar bilan nurlantirib hosil bo‘lgan sun‘iy radioaktivlikni o‘rganishga asoslangan.

Bunda nurlantirish vaqti (davomi) ham, sun‘iy alfa-, beta- va gamma-faollikni o‘lchash vaqti (davomi) ham o‘zgartirilishi mumkin.

Masalan, ikkilamchi gamma-nurlanish jadalligi turli vaqtlar uchun o‘lchangandan keyin $I_{\gamma n}(t)$ grafigi bo‘yicha tog‘ jinsi namunasidagi radioaktivlik element miqdorini va uning yarimparchalanish davrini baholasa bo‘ladi.

Aktivatsion metod yuqori faollikka ega bo‘lgan Al, Cd, C1, Su, K, Mn, Na, R, Si va b. elementlarga nisbatan yuqori sezuvchanlikka ega.

Neytron tahlil

Neytron tahlil tog‘ jinslarini past tezlikdagi (sekin harakatlanuvchi) neytronlar bilan nurlantirib issiqlik darajadagi energiyali neytronlar oqimi zichligini (I_{nn}) aniqlash yoki ikkilamchi gamma-nurlanish jadalligini ($I_{n\gamma}$) o‘lchashga asoslangan. Bu ko‘rsatkichlarni (I_{nn} yoki $I_{n\gamma}$) manba masofasiga nisbatan o‘zgarish grafigi o‘rganilayotgan moddaning yutishlik xususiyatlarini tavsiflaydi.

Bu grafiklarda sekin neytronlarni yutuvchi xususiyatiga ega bo‘lgan elementlar (V, Fe, Cd, Cl, Li, Mn, Hg va b.) ajratiladi

Avtomobil va piyodali syomkalar qalinligi 25 sm gacha bo'lgan qatlamlarda bor (B) elementini aniqlash uchun olib boriladi.

Gamma-spektral metod

Gamma-spektral metod radiatsion ushlab olish (tutish)dagi ikkilamchi gamma-nurlanishning energetik spektr (I_{γ}) tarkibini o'rganishga asoslangan. Bunday tadqiqotlar olib borish imkoniyatni nurlantirilayotgan jinslarning har bir elementi issiqlik darajadagi neytronlarni tutib ikkilamchi nurlanish paydo bo'lib, ma'lum energetik spektrlar (I_{γ}) hosil bo'lishiga bog'liq.

Gamma-spektral metod tarkibida Fe, Cu, Ni, Al, K, Na bor bo'lgan ma'danlarni ajratish uchun ishlatiladi.

14. Radiometriya va yadro-fizik uslublarining qo'llanishi

Radiometrik usullar konlar izlash va qidirishda, geologik xaritalashda va radioaktivlikka ega bo'lmagan yotqiziqlar va konlarni o'rganishda keng qo'llanadi.

Tabiiy radioaktivlikning asosiy (ona) elementlari bo'lmish U, Th, K ma'danlar va boshqa turdagi konlarni qidirishda va izlashda radiometrik uslublar asosiy hisoblanadi. Bu vazifalarni bajarish uchun turli maqsadlarni ko'zlagan maxsus metodlar ishlab chiqilgan. Izlov-qidiruv ishlardan tashqari radiometrik usullari geologik xaritalashga oid vazifalar bajarishda keng va samarali qo'llanadi.

Cho'kindi, magmatik va metamorfik tog' jinslarining turiga qarab ularning radioaktivligi turlicha bo'ladi. Cho'kindi tog' jinslarida radioaktiv elementlar miqdori eng yuqorisi organogen cho'kindilarda - uglerod (S), fosfatlar va boshqa uranga ega cho'kindi moddalar qatnashishi tufayli bo'ladi.

Magmatik tog' jinslari radioaktivligi ko'prog'i nordon jinslar - granitoidlarda bo'ladi. Eng kam miqdorda - teranlikdagi

ultraasosiy jinslarda bo‘ladi. Tog‘ jinslari va minerallar radioaktivligi jiddiy o‘zgarib turishiga qaramay uran va toriy miqdori radioaktiv ma‘danlarda, ma‘dan oldi zonalarda va yoyilish oreollarida noma‘danli bo‘lgan hosilalarga qaraganda ancha yuqoriligi aniqlangan. Bu esa radiometrik uslublarini va tabiiy radioaktivlik jarayonlarni uran va toriyli ma‘danlarning qidiruvida va bashoratlashda keng qo‘llash mumkinligini ifodalaydi.

Geologik yoriqlaridan Yer yuzasiga qarab radioaktiv emanatsiyalar chiqadi. Radioaktiv emanatsiyalarni o‘lchash asosida geologik yoriklarni xaritalash ishlari olib boriladi. Bundan tashqari yadro-fizik usullar yordamida tuproq qatlamlari namligini, g‘ovakligini va zichligini o‘rganish mumkin.

Radioaktivligi uncha faol bo‘lmagan konlarda uran (U), toriy (Th) ning parchalanish qatoridagi izotoplari uchraydi va bu ularning radioaktiv metodlari bilan izlash imkoniyatlarini beradi.

Radiometrik usullar kaliyli tuz qazilma konlarini izlashda ham keng qo‘llaniladi, chunki bu konlarda tabiiy radioaktivlikka ega kaliy-40 izotoplari ko‘p uchraydi. Uranning birikmalari fosfor konlarida uchrashi, uran va toriy birikmalarining boshqa konlarda mavjudligi radiometrik usullar qo‘llash imkoniyatini beradi.

Qo‘yilgan geologik vazifalarga ko‘ra boshqa geofizik usullar qatorida qidiruv ishlar kompleksida radiometrik usullar ham alohida o‘rin tutadi va amaliy ahamiyatga ega. Ayniqsa, quduqlardagi tadqiqotlarda gamma-karotaj, gamma-gamma-karotaj, neytronli-gamma karotaj uslublari keng qo‘llanadi va boshqa uslublar bilan yechib bo‘lmaydigan vazifalarni hal etadi.

XULOSA

Ma'ruzalarga tayyorlanish vaqtlarida yoziladigan ma'ruza matnlari qisqa, lo'nda va fikr jihatdan tugatilgan ko'rinishga ega bo'lishiga katta ahamiyat beriladi. Shu tufayli ham ma'ruzada jonli aytmoqchi bo'lgan, yoki fikr sifatida shakllangan barcha ma'lumotlar ma'ruza matniga kirmay qoladi. Bu holatni qayd etishdan maqsad talabalar, shunchaki, "ma'ruza matni orqali o'rganib olaman" deyishi va ma'ruza darslarini inkor etishi - qanchadan qancha yangi ma'lumotlardan yiroqda qolishini ko'rsatishdir. Ma'ruzalarni jonli tinglash - talabalar uchun yangi bilimlar olishning asosiy turlaridan biri.

Ushbu ma'ruza matnlari kelgusida yangi qo'shimcha ma'lumotlar bilan, ayniqsa misollar, amalda kuzatilgan jarayonlar va qiziqarli holatlar bayoni bilan to'ldirib borilishiga umid qilamiz. Ayniqsa, yangi tadqiqotlar natijalari, o'zimizning o'zbekistonlik olimlari va xorijiy olimlar olgan yangi natijalarni yoritish maqsadga muvofiq deb hisoblanadi. Axir, vatanimiz ravnaqining asosiy ta'minlovchilari,-yoshlarimizning bilimini oshirish uchun qilgan xizmatlar bebahodir. Fizika fanining, ayniqsa atom fizikasining rivojlanishi radioaktivlik va yadro geofizika sohasining istiqbolli yo'nalishlaridan biri ekanligiga hech qanday shubha bo'lishi mumkin emas. Bu fan yo'nalishining geologiya sohasidagi kelajagi ulkan va respublikamiz uchun juda ahamiyatlidir. Konlarni izlashdan to inson hayoti havfsizligigacha bo'lgan jabhalarda radiometriya va yadro-geofizikasi fanidan hosil bo'lgan bilim va ko'nikmalar kerak bo'lar ekan.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yhati

Asosiy

1. Сим Л.А. Фойдали қазилма конларини излаш ва қидиришнинг геофизик усуллари. Услубий қўлланма. - Тошкент, **1996.** -С.330-357.
2. Антонец А.Г. Радиометрическая разведка и ядерная геофизика. Конспект лекций. - Ташкент: ТДТУ, **2012.**-160 с.
3. Хмелевской В.К., Костицын В.И. Основы геофизических методов: учебник для вузов / Перм. ун-т. — Пермь, **2010.** - 400 с.
4. Санакулов К.С., Мухитдинов Б.Ф., Хасанов А.С. Химические элементы: свойства, получение, применение. Ташкент, “Turon zamin ziyo”. 2016 .г.494 с.

Qo'shimcha

5. Возжеников Г.С., Бельшев Ю.В. Радиометрия и ядерная геофизика. Учебное пособие. М-во обр. и науки Российской Федерации, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Уральский гос. горный ун-т". - Изд. 4-е, испр. и доп. Екатеринбург. Изд-во УГГУ, **2011.** — 417 с. Издательство: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19485599>
6. Комментарий к Нормам радиационной безопасности ФГУН НИИРГ. (НРБ-99-2009). - **2009.** - 84 с.
7. Машкович В.П., Кудрявцева А.В. Защита от ионизирующих излучений. - Москва: Энергоатомиздат, **1995.** - 496 с.
8. Нормы радиационной безопасности при работе с источниками радиоактивных элементов. Электронное издание. **2017.** <http://www.wdcb.ru/mining/zakon/NRB99.htm>
9. Печёрин В.Н., Демченко Н. П. Определение радиоактивных свойств горных пород: методические указания . — 2-е изд., исправ. — Ухта : УГТУ, **2014.** — 43 с.

10. Хмелевской В.К., Попов М.Г., Калинин А.В., Горбачев Ю.И., Шевнин В.А., Фадеев В.Е. Геофизические методы исследования. (Под редакцией В.К. Хмелевского). М.: «Недра». **1988**. -345 с.

Xorijiy adabiyotlar va muhim qarorlar

11. Recommendations of 2007 of the International Commission on Radiation Protection (Publication 103 MKRZ).- **2009**. - 344 p.

12. Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation (ICRP). ICRP Publication 74. Ann. ICRP 26 (3-4). - **1996**. - 205 p.

13. The Nuclear Geophysics Division at KVI PAST, PRESENT AND FUTURE. **2017**. https://www.liag-hannover.de/fileadmin/user_upload/dokumente/FKPE/5.workshop/limburg_new.pdf/2017

14. IAEA publication reviews advances in geophysical methods for uranium explorationю GEOSOFT More Resources Contact Us Earth ExplorerThe people, science and technology behind discovery. **2013**. [http://www.earthexplorer.com/2013/IAEA_publication_reviews_advances_in_geophysical methods for uranium exploration.asp](http://www.earthexplorer.com/2013/IAEA_publication_reviews_advances_in_geophysical_methods_for_uranium_exploration.asp)

15. Hefernan V. Gamma ray spectrometry proves it worth as a mapping tool in granite-rich terrain on Decemder, **2017** Applied. -[http://www.earthexplorer.com/2017/Gamma_ray_spectrometry_proves_worth_as_mapping_tool_in_granite rich terrain.asp](http://www.earthexplorer.com/2017/Gamma_ray_spectrometry_proves_worth_as_mapping_tool_in_granite_rich_terrain.asp)

Ilovalar

1. Ma'ruzalar bo'yicha asosiy nazorat savollari

Ma'ruza 1

1. "Radiometriya va yadro geofizikasi" fanining mazmuni va vazifalari?
2. Uran va uning xususiyatlarining kashf etilishi, radiy kashfiyoti?
3. Radiometriya va yadro geofizikasi nimalarni o'rganishga asoslangan?
4. Radioaktiv va yadro geofizik metodlarining ishlatilishi?

Ma'ruza 2

1. Radioaktivlik xususiyati va turlari, uning asosiy sababi ?
2. Tabiiy radioaktivlik va uni hosil qiluvchi asosiy elementlar?
3. Sun'iy radioaktivlik va uning hosil bo'lish sabablari?
4. Radioaktiv parchalanish turlari?
5. D.I.Mendelyevning kimyoviy elementlari davriy jadvalining radioaktiv elementlari?
6. Radioaktiv parchalanish qonuni- formulasi va grafigini keltirib tavsiflang?
7. Yarimparchalanish davri va asosiy tabiiy elementlarning yarim parchalanish davrlari?
8. Radioaktiv qator tushunchasi va turlari?
9. Uran 238 parchalanish qatori?
10. Aktiniy parchalanish qatori?
11. Toriy 232 parchalanish qatori?

Ma'ruza 3

1. Radioaktiv nurlanishlar - turlari, ularning fizik mazmuni?
2. Radioaktiv nurlarning atrof muhit bilan o'zaro ta'siri?
3. Alfa (α) nurlanish: tavsifi, tabiati va o'tuvchanlik xususiyati?
4. Beta (β) nurlanish: tavsifi, tabiati va o'tuvchanlik xususiyati?
5. Gamma (γ) nurlanish: tavsifi, tabiati va o'tuvchanlik xususiyati?
6. Gamma-kvantlarning atrof-muhit bilan o'zaro ta'siri mobaynida hosil bo'ladigan tabiiy hodisalar?

Ma'ruza 4

1. Radiometriya va yadro geofizikasida o'lchov turlari?
2. Ionlashtiruvchi nurlarni qayd etish metodlari va ularning mazmuni?
3. Radiometrik va dozimetrik o'lchov kattaliklar va qo'llanadigan asboblari?
4. Radiometrik asboblari kategoriyalari?
5. Qayd etish va o'lchash uslublari?
6. Ionlashtiruvchi kameralari ishlashi?
7. Stsintilyatsion o'lchash uslubi?

Ma'ruza 5

1. Radioaktiv yadrolarning kelib chiqishi bo'yicha guruhlanishi?
2. Kelib chiqish sharoiti bo'yicha tabiiy radioaktiv elementlarni guruhlanishi?
3. Birlamchi radioaktiv yadrolari va ularni kelib chiqishi?
4. Ikkilamchi radioaktiv yadrolari va ularni kelib chiqishi?
5. Ikkilamchi radioizotoplar zaxiralari nimaning hisobiga to'lib boradi?
6. Uzoq yashovchi radioaktiv izotoplari?
7. Qisqa umrli radioaktiv izotoplari?
8. Uzoq yashovchi yakkaqol radioaktiv izotoplari?
9. Eng ahamiyatli tabiiy radioaktiv elementlar va izotoplarning Yer qobig'idagi hajmlari?
10. Yerdagi eng keng uchrayotgan radioaktiv element va uning nisbiy hajmi?
11. Yer qobig'i, mantiya va yadro bo'yicha radioaktiv elementlarini taqsimlanishi?
12. Radioaktiv parchalanishlar tufayli chuqurlikdan Yer qobig'iga keladigan gazlar oqimi?

Ma'ruza 6

1. Gamma-metodlar asoslari?
2. Qudug'lardagi radiometrik metodlar?
3. Piyodali va boshqa turdagi radiometrik syomkalar?
4. Radioaktiv karotajning boshqalardan farqlanishi?
5. Gamma-gamma-karotaj (GGK): mazmuni va turlari?

Ma'ruza 7

1. Emanatsion usullar nazariy asoslari?
2. Emanatsion syomka turlari?
3. An'anaviy emanatsion syomka tavsifi?
4. Trekli emanatsion syomka tavsifi?
5. Emanatsion syomka?
6. Qidiruv uchun ahamiyatli bo'lgan emanatsiya oreollari belgilari?
7. Emanatsion syomka yordamida yechiladigan geologik vazifalar?

Ma'ruza 8

1. Quduqlarda radiometriya tadqiqotlari?
2. Quduqlardagi radiometrik tadqiqot metodlari?
3. Radiometrik karotajning o'ziga xosliklari?
4. Gamma-karotaj (GK) va spektrometrik gamma-karotaj (SGK)?
5. Gamma metod yordamida yechiladigan masalalar?

Ma'ruza 9

1. Qidiruvlarning boshqa radioaktiv uslublari?
2. Radiogeokimyoviy metodlar?
3. Litogeokimyoviy syomkalar?
4. Hidrogeokimyoviy syomka metodi?
5. Biogeokimyoviy syomka metodi?
6. Izotopli-qo'rg'oshinli metod (IqM) ?
7. Kosmik myuonlarni qayd etish metodi?
8. Geliyli syomka?
9. Uranni quduqlarda to'g'ridan-to'g'ri aniqlash metodi?

Ma'ruza 10

1. Radioaktiv moddalar bilan ishlashda mehnat muhofazasi?
2. Radioaktiv moddalar bilan ishlashda xavfsizlik texnikasi?
3. Radioaktiv nurlarning xususiyati va ulardan ximoyalanish?
4. Manbalarga nisbatan insonlarning guruhlanishi?
5. Geofizik tadqiqotlarda radioaktiv moddalar bilan ishlashning asosiy qoidalari?

Ma'ruza 11

1. Yadro-geofizik razvedka metodlari turlari?
2. Radiometrik razvedka metodlari?

3. Radiatsion fonni tashkil etuvchi nurlanishlar?
4. Radiatsioaktiv anomaliya tushunchasi va aniqlash formulasi?
5. Gamma syomka asosida yechiladigan vazifalar?
6. Yadro-fizik razvedka metodlari?
7. Neytronli metodlar?

Ma'ruza 12

1. Gamma-gamma-zichlilik karotaji (GGK-Z) ?
2. Gamma-gamma-selektiv karotaj (GGK-S)?
3. Rentgen-radiometrik karotaj (RRK)?

Ma'ruza 13

1. Yadro geofizikasida neytron usullari asoslari?
2. Netron oqimi xususiyatlari?
3. Neytron oqimlarining o'tuvchanligi va moddalarga ta'siri?
4. Neytron usullari yordamida yechiladigan vazifalar?
5. Neytronli gamma-karotaj (NGK)?
6. Neytron-neytronli karotaj turlari?

Ma'ruza 14

1. Radiometrik uslublarning qo'llanilishi?
2. Yadro geofizik uslublarni qo'llanilishi?
3. Quduqdagi kesimni litologik tarkiblash metodi tavsifi?
4. Quduqdagi kesim tog' jinslarini zichligi bo'yicha tarkiblash metodi tavsifi?

MUNDARIJA

Shartli qisqartmalar va atamalar	3
Soʻz boshi	5
1. Kirish. “Radiometriya va yadro geofizikasi” fani va uning mazmuni	6
2. Radioaktivlik. Radioaktiv parchalanish qonuni .	7
3. Radioaktiv nurlanishlar, ularning oʻtuvchanlik xususiyatlari va moddalar bilan oʻzaro taʼsiri	14
4. Tabiiy va sunʼiy radioaktivlikni oʻlchash usullari	21
5. Radioaktiv elementlarning Yerda va Yer qobigʻida taqsimlanishi	25
6. Gamma-metodlar (GM)	27
7. Emanatsion tadqiqot usullari	32
8. Quduq va lahmilarida tabiiy radioaktivlikni tadqiqot etish	34
9. Qidiruvlarning boshqa radioaktiv uslublari.....	38
10. Radioaktiv moddalar bilan ishlashda mehnat muhofazasi va xavfsizlik	43
11. Yadro-geofizik razvedka metodlari asoslari	50
12. Yadro geofizikasida gamma-usullar	55
13. Yadro geofizikasida neytron usullar	59
14. Radiometriya va yadroviy-fizik usullarining qoʻllanishi	61
XULOSA	63
Foydalanilgan adabiyotlar roʻyhati.....	64
Ilovalar: 1. Maʼruzalar boʻyicha nazorat savollari.	66

Muharrir: Miryusupova Z.M.