

Atrof-muhitni radiatsiyaviy monitoring ishlari uchun kremniy detektorlari asosidagi ko'p kanalli radiometrni yaratish

Radjapov Sali Ashirovich¹, Radjapov Bekjan Saliyevich², Otaboev Sirojiddin
Kamilovich³.

¹ Fizika-texnika instituti bosh ilmiy xodimi f.m-f.d

² Fizika-texnika instituti katta ilmiy xodimi PhD

³ Fizika-texnika instituti doktoranti

¹E-mail: rsafti@mail.ru

²E-mail: ftibekjan@gmail.com

³E-mail: suraj2959@mail.ru

Annotasiya: Ushbu maqolada atrof-muhitning radon xafni baholash va monitoring olib borishda o'ta ezgir katta syuzali kremniy detektorlari asosidagi ko'p kanalli radiometr tafsiflangan. Qurilma turli muhitlarda alfa va gamma nurlanish faolligini qayd etish hamda o'rganishga imkon beradi. Radiometrning tuzilishi va blok sxemasi batafsil ko'rib chiqilgan. Qurilma ko'p qirrali, ixcham va barcha kerakli elektron komponentlar, shuningdek, ma'lumotlarni saqlash va qayta ishlash uchun kompyuter dasturi bilan jihozlangan. Ishlab chiqilgan dastur bir vaqtning o'zida alfa va gamma nurlanish faolligini o'lchashni hamda suv, havo va tuproqdagi radon hajmiy faolligini o'lchashini taminlaydi.

Kalit so'zlar: kremniy, yarimo'tkazgichli detektor, radiometrik qurilma, alfa va gamma nurlanishlar, radon, radonning hajmiy faolligi, mikrokontroller.

Создание многоканального радиометра с кремниевыми детекторами для радиационного мониторинга окружающей среды

Раджапов Сали Аширович¹, Раджапов Бекжан Салиевич², Отабоев
Сирожддин Комилович³

¹Доктор физ-мат наук; главный научный сотрудник Физико-технического
института АН РУз.

²PhD; старший научный сотрудник Физико-технического института АН РУз.

³Докторант, Физико-технического института АН РУз

¹E-mail: rsafti@mail.ru

²E-mail: ftibekjan@gmail.com

³E-mail: suraj2959@mail.ru

Аннотация: В данной работе описывается разработка многоканального радиометра, основанного на высокочувствительных кремниевых детекторах, предназначенного для экологических исследований. Устройство позволяет регистрировать и исследовать активности альфа и гамма излучений в различных средах. Подробно рассмотрена структура радиометра и разработанная схема микроконтроллерного узла. Прибор отличается универсальностью, компактностью и оснащен всеми необходимыми электронными узлами, а также компьютерной программой для накопления и обработки данных. Разработанная программа поддерживает одновременные измерения активностей альфа и гамма излучений или измерения объемной активности радона в воде, воздухе и почве.

Ключевые слова: кремний, полупроводниковый детектор, радиометрическое устройство, альфа и гамма-излучение, радон, объёмная активность радона, микроконтроллер.

Creation of a multichannel radiometer with silicon detectors for radiation monitoring of the environment

Radzhapov Sali Ashirovich¹, Radzhapov Bekzhan², Otaboev Sirajiddin
Komilovich²

¹Doctor of Physical and Mathematical Sciences; Physical-Technical Institute,
Uzbekistan Academy of Sciences

²PhD; Physical-Technical Institute, Uzbekistan Academy of Sciences

³Doctorant, Physical-Technical Institute, Uzbekistan Academy of Sciences

¹E-mail: rsafti@mail.ru

²E-mail: ftibekjan@gmail.com

³E-mail: suraj2959@mail.ru

Abstract: This paper describes the development of a multichannel radiometer based on highly sensitive silicon detectors intended for environmental studies. The device allows recording and studying the activities of alpha and gamma radiation in various environments. The structure of the radiometer and the developed circuit of the microcontroller unit are considered in detail. The device is universal, compact and equipped with all the necessary electronic units, as well as a computer program for data accumulation and processing. The developed program supports simultaneous measurements of alpha and gamma radiation activities or measurements of radon volumetric activity in water, air and soil.

Key words: silicon, semiconductor detector, radiometric device, alpha and gamma radiation, radon, radon volumetric activity, microcontroller.

KIRISH

Spektrometrik va qayt qilish usullarda ishlay oladigan asboblarni yaratish radioaktiv moddalarni o'rganuvchi tadqiqotchilar, hamda atrof-muhitdagi radiatsiyaviy vaziyatni baholovchi laboratoriyalar uchun katta ahamiyatga ega. Radioaktiv nurlanishning inson tanasining to'qimalariga ta'siri hujayra tuzilmalarining yo'q qilinishiga olib keladi. Hatto kichik dozalarda nurlanish ham zararli ta'sir ko'rsatishi mumkin. Odamlar uchun eng xavfli gamma, beta va rentgen

nurlari, chunki ular yuqori penetratsion kuchga ega. Ma'lumki, inson nurlanishning asosiy dozasini tabiiy nurlanish manbai - radondan oladi[1].

Radon muammosi ayniqsa seysmik faolligi yuqori bo'lgan hududlar, jumladan, O'zbekiston uchun muhim ahamiyatga ega. Respublikada er qobig'ining harakati (yoriqlar, siljishlar, surilishlar va boshqalar) natijasida tektonik yoriqlar va tog' jinslarining yaxlitligini buzish holatlari mavjud bo'lib, ular orqali radon gazi yer yuzasiga chiqib, radon kontsentratsiyasi ko'paygan zonalarini hosil qiladi[2].

Bundan tashqari, er osti havosidagi radon miqdorining oshishi faol tektonik yoriqlar mavjudligini ko'rsatishi mumkin. Havo va suvdagi radon darajasini o'lchash uran va toriy konlarini qidirishning asosiy omil hisoblanadi.

Er osti suvlarida radon kontsentratsiyasining o'zgarishini o'rganish zilzilalarni bashorat qilish uchun ham ishlatilishi mumkin. Zilzilalar oldidan havoda radon kontsentratsiyasining oshishi kuzatiladi, bu seysmik faollikning oshishi bilan bog'liq. Tuproq, havo va suvda past intensivlikdagi hamda kam energiyali nurlanishlarni o'lchash va kuzatish uchun kremniy detektorlari asosida universal ko'p kanalli radiometrni yaratish dolzarb vazifa hisoblanadi.

Ushbu maqolada tabiiy izotoplarning alfa, beta va gamma nurlanishining faolligini (masalan, ^{238}U , ^{234}U , ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{218}Po , ^{214}Bi va boshqalar) o'lchash uchun mo'ljallangan ko'p kanalli yuqori sezgir kremniy detektorlari asosidagi radiometr tavsiflangan.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Ko'p kanalli radiometr bir vaqtning o'zida sinov namunalarida yoki tabiiy manbalardagi muhitda alfa va gamma nurlanishini o'lchash imkonini beruvchi ikkita radiometrdan iborat. Har bir radiometr ma'lum turdagi detektor bilan jihozlangan. Gamma-nurlanish faolligini o'lchash uchun qalinligi 1 mm gacha bo'lgan α -Si-p-i-n strukturasiga asoslangan lity drift detektorlari ishlatilgan. Radonning hajmli faolligini aniqlashda alfa nurlanishlar uchun qalinligi 100 mkm va diametri 50 mm bo'lgan Al- α Ge-pSi-Au geteroo'tishli detektorlari ishlatilgan.

Ushbu detektorlarni ishlab chiqarish texnologiyasi batafsil tavsiflangan ishlarda[3-6].

Ishlab chiqilgan detektorlar oltin qatlam yani kirish ($\Delta E_{\text{kir}} \sim 6\text{—}12 \text{ keV}$) va alyuminiy qatlami, chiqish ($\Delta E_{\text{chiq}} \sim 12\text{—}20 \text{ keV}$) orqali kam energiya yo'qotishlari bilan ajralib turardi, bu esa 2π geometriya (har ikki tomondan) da past intensivlikdagi va past energiyali nurlanishni o'lchash imkonini berdi. Detektorlarning asosiy parametrlari: energiya o'lchamlari ^{226}Ra α -zarralar $E_{\alpha} \sim 7,68 \text{ MeV} \sim 90 \text{ keV}$ energiya, ishchi kuchlanishi $U_{\text{ish}} = (10\div 80) \text{ V}$, teskari tok $I_{\text{tes}} = (0,5\div 2) \text{ mA}$, shovqin energiya ekvivalenti $E_{\text{sh}} = (40\div 52) \text{ keV}$.

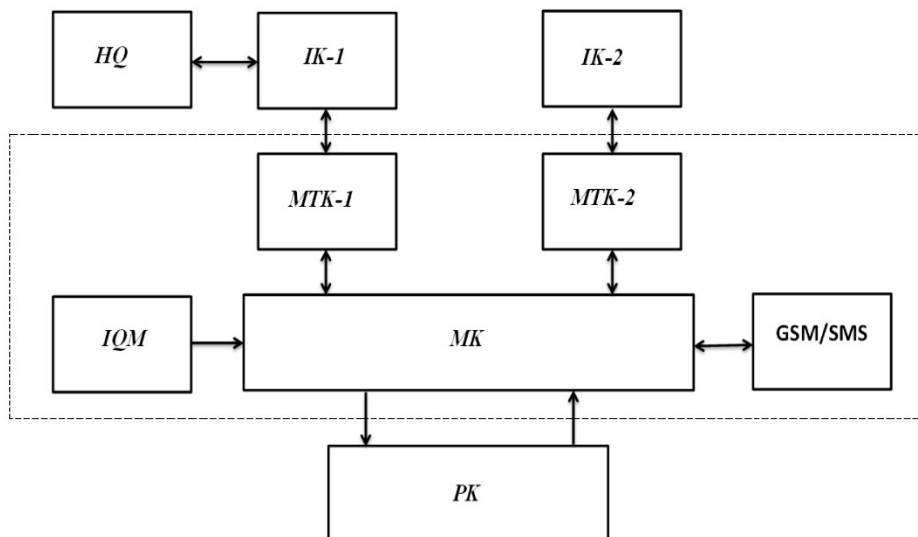
TAHLILLAR VA NATIJALAR

Ko'p kanalli radiometr quyidagi funksional elementlardan tashkil topgan[7-9]:

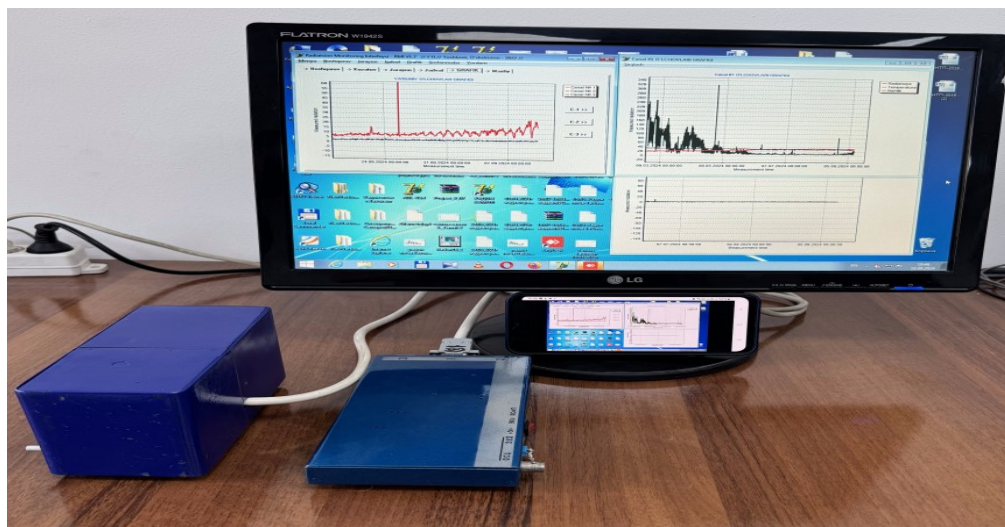
- har xil turdagi detektorlarga ega 2 ta ishchi kamerasi;
- ma'lumotlarni kuchaytirish va tanlash tugunlari (analog qism)
- mikrokontroller tugini (raqamli qism);
- ikkilamchi quvvat manbai;
- havo qabul qilish moslamasi;
- o'rnatilgan dasturiy ta'minot ega bo'lgan shaxsiy kompyuter;
- GSM/SMS-модуль.

Ishlab chiqilgan RMI-V1.7 kompyuter dasturi real vaqt rejimida uzoq muddatli monitoringni amalga oshirish imkonini berdi[10,11].

Rasm 1. Radiometrning blok-sxemasi.

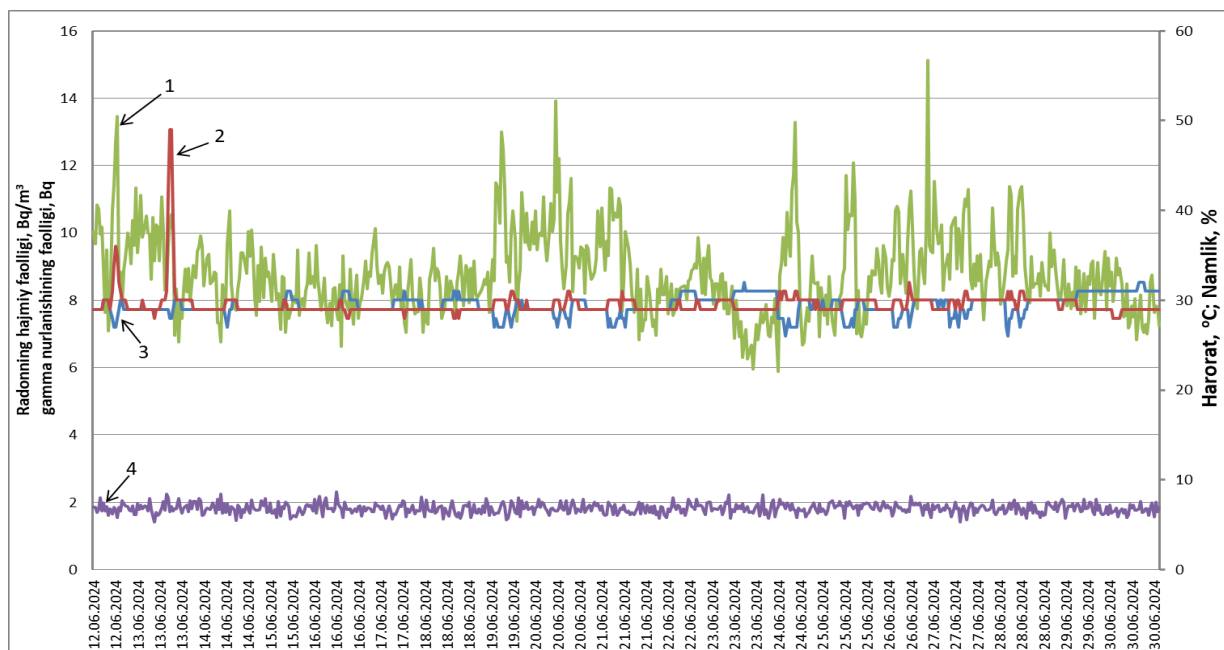


1-rasm. Ko'p kanalli radiometrik qurilmaning blok sxemasi: 1,2 - alfa va gamma nurlarini qayid qiladigan detektorlar o'rnatilgan ishchi kameralar, 4,5 - axborotni kuchaytirish va tanlash bloklari, 9 - mikrokontroller, 7 - ikkilamchi quvvat manbai, 8 – havo qabul qilish, 10 – real vaqt rejimida alfa va gamma nurlanishni bir vaqtda o'lchashni ta'minlaydigan, o'rnatilgan dasturiy taminotga ega shaxsiy kompyuter, 11 – GSM/SMS moduli.



2-rasm. Ko'p kanalli radiometr qurilmasi.

Qurilmada Respublikamiz viloyatlarining birida radonning hajmli faolligi hamda tuproqdagi (tuproq havosi) va gamma-nurlanish faolligi o'rganildi (2-rasm). Qurilma bir vaqtning o'zida harorat va namlikni o'lchaydi.



12.06.2024–30.06.2024 davr oralig’idagi radon alfa zarralarining hajmli faolligi va gamma nurlanish faolligidagi o'zgarishlari; 1 - radon hajmiy faolligini vaqt o'tishi bilan o'zgarishi, 4 - gamma nurlanish faolligining vaqt o'tishi bilan o'zgarishi, 3 - namlikning vaqt o'tishi bilan o'zgarishi, 2 - haroratning vaqt o'tishi bilan o'zgarishi.

Ko'p o'lchashlar natijalari radonning hajmli faolligi namlik darajasiga bog'liqligini ko'rsatdi. Radonning parchalanishi paytida hosil bo'lgan alfa zarralari bug'langan suv bug'lari bilan birga ko'tariladi, bu ularning konsentratsiyasini oshirishga olib keledi. Gamma nurlanish faolligi namlikka sezilarli bog'liqlikni ko'rsatmadi. Tuproq qatlamidagi radon alfa nurlanishning ma'lum kunlardagi faolligining oshishi O'zbekiston Respublikasi er qobig'ining siljish zonalaridagi sodir bo'lgan deformatsiya jarayonlari va o'rganilayotgan ob'ekt zonasida radiyatsiya oqimi bilan bog'liq bo'lishi mumkin.

XULOSALAR

Amalga oshirilgan ilmiy-texnikaviy ishlar natijasida ikkita radiometrdan iborat ko'p kanalli radiometrni yaratish texnologiyasi ishlab chiqildi. Katta yuzali detektorlar bilan jihozlangan ushbu qurilma turli muhitlarda past intensivlikdagi va kam energiyali zaryadlangan zarralarni o'lchash uchun mo'ljallangan.

Respublikamiz viloyatlaridan birida tuproq havosidagi radonning hajm faolligi va gamma nurlanish faolligini davriy o'lchash ishlari olib borildi. Tadqiqot

natijalari shuni ko'rsatdiki, namlik va harorat radonning hajmli faolligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

ADABIYOTLAR.

1. Бурназяна А.И. Радиологическая защита от облучения радоном. России. Публикация. 126 МКРЗ. 2015г.
2. Яфасов А.Я., Яфасов А.А., Радоновые поля на территории Центральной Азии // АНРИ, Москва. –2003. – № 3(34). –С. 13-17
3. Раджапов С.А., Раджапов Б.С., Рахимов Р.Х. Особенности технология изготовления кремниевых поверхностно-барьерных детекторов большой чувствительной рабочей площадью для измерения активности естественных изотопов // Computational Nanotechnology. Москва. – 2018, –№1, – С151-154.
4. Muminov R.A., Radzhapov S.A., Mullagalieva F.A., Radzhapov B.S., Zufarov M.A., Nurboev K.M., Akhmedov G.M. Development of High-Efficiency Silicon Detectors and Electronic Components for a Radiometer of Alpha Radiation // Instruments and Experimental Techniques, Moscow. – 2021, – Vol. 64, – № 3, – pp. 444-449.
5. Muminov R. A., Radzhapov S. A., Mullagalieva F. G., Radzhapov B. S., and Zufarov M. A. Development of a large-sized highly sensitive detector based on α -Si-p-i-n heterostructures for radonometers // Atomic Energy Moscow, – 2022, – Vol. 131, – No. 6, pp 344-346. DOI 10.1007/s10512-022-00892-2
6. Раджапов С.А., Нурбоев К.М., Муллағалиева Ф.Г., Зуфаров М.А., Раджапов Б.С., Эргашев К.Э. Разработка кремниевых детекторов и электронных блоков для радиометра альфа, бета и гамма излучения. // Computatonal nanotechnology. –2022, –Москва, –№3. –С. 45-52. DOI: 10.33693/2313-223X-2022-9-3-45-52.
7. Муминов Р.А., Раджапов С.А., Муллағалиева Ф.Г., Раджапов Б.С., Зуфаров М.А., Разработка радиометра для экологических и геофизических исследований. // ДАН, Ташкент. – 2021, –№1, – С. 30-34.

8. Патент РУз № IAP 04882, 2010. Муминов Р.А., Раджапов С.А., Лутпуллаев С.Л., Пиндюрин Ю.С., Хусамидинов С.С., Юткин С.В. Устройства для измерения объемной активности радона в воздухе.
9. Полезная модель РУз №FAP 02142. Муминов Р.А., Раджапов С.А., Муллағалиева Ф.Г., Зуфаров М.А., Раджапов Б.С. Устройство для измерения объемной активности радона в воздухе, воде и почве.
10. Свидетельство на программные продукты РУз № DGU 05946 Раджапов Б.С., Эргашев К. Программа для микроконтроллера радиометра радона и радия.
11. Свидетельство на программные продукты РУз № DGU 18817. Раджапов Б.С, Эргашев К. Э. Ионлаштирувчи нурланишни қайд қилувчи GSM модулли "Алфаметр", "Бетаметр" ва "Гаммаметр" қурилмаларининг микроконтроллерга дастури таъминоти.