RADON MONITORING TIZIMLARIDA METROLOGIK IZCHILLIK VA UNING O‘LCHASH ISHONCHLILIGINI TA’MINLASHDAGI ROLI

Ismoilov M.T.
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti
Mahmudov G.B.
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti
Sayfulin R.R.
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti
Raxmatov D.I.
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti
Qalandarov A.F.
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti

Annotatsiya. Metrologik izchillik radon monitoringi natijalarining ishonchliligi, aniqligi va o‘zaro taqqoslanishini ta’minlashda muhim ahamiyatga ega. Radonning inson salomatligiga, xususan o‘pka saratoni rivojlanishiga salbiy ta’siri radon kontsentratsiyasini aniq o‘lchash zaruratini yuzaga keltiradi. Ushbu maqolada radon monitoring tizimlarida metrologik izchillik tushunchasi tahlil qilinib, uning o‘lchash ishonchliligiga ta’siri baholanadi. Tadqiqot kalibrlash zanjirlari, sifatni ta’minlash mexanizmlari va xalqaro me’yoriy hujjatlar tahliliga asoslangan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, puxta tashkil etilgan metrologik izchillik tizimi o‘lchash noaniqligini kamaytiradi va radon monitoringi natijalarining ishonchliligini oshiradi. Olingan xulosalar milliy radon monitoring tizimlarini takomillashtirish va radiatsion xavfsizlikni ta’minlashda amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar. Radon monitoringi, metrologik izchillik, o‘lchash ishonchliligi, kalibrlash zanjiri, sifatni ta’minlash.

Аннотация. Метрологическая прослеживаемость является ключевым фактором обеспечения достоверности, точности и сопоставимости результатов радонового мониторинга. Негативное влияние радона на здоровье человека, в частности его роль в развитии рака лёгких, обусловливает необходимость точного измерения концентрации радона. В данной статье рассматривается роль метрологической прослеживаемости в системах радонового мониторинга и оценивается её влияние на надёжность измерений. Исследование основано на анализе калибровочных цепей, механизмов обеспечения качества и международных нормативных документов. Результаты показывают, что хорошо организованная система метрологической прослеживаемости позволяет снизить неопределённость измерений и повысить надёжность данных радонового мониторинга. Полученные выводы могут быть использованы при совершенствовании

ISSN 3030-3907

национальных систем мониторинга радона и обеспечении радиационной безопасности.

Ключевые слова. Радоновый мониторинг, метрологическая прослеживаемость, надёжность измерений, калибровочная цепь, обеспечение качества.

Annotation. Metrological traceability is a fundamental requirement for ensuring the reliability, accuracy, and comparability of radon monitoring results. The adverse impact of radon on human health, particularly its contribution to lung cancer risk, necessitates precise measurement of radon concentration. This paper analyzes the role of metrological traceability in radon monitoring systems and evaluates its influence on measurement reliability. The study is based on the analysis of calibration chains, quality assurance mechanisms, and international regulatory frameworks. The results demonstrate that a well-established metrological traceability system significantly reduces measurement uncertainty and enhances the reliability of radon monitoring data. The findings provide practical guidance for improving national radon monitoring systems and strengthening radiation protection measures.

Keywords. Radon monitoring, metrological traceability, measurement reliability, calibration chain, quality assurance.

KIRISH.

Radon — yer qobig‘ida tabiiy ravishda mavjud bo‘lgan uran va radiy izotoplarining parchalanishi natijasida hosil bo‘ladigan radioaktiv gazdir. U rangsiz, hidsiz va ta’msiz bo‘lib, bino ichki muhitida to‘planish xususiyatiga ega. Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti va boshqa xalqaro tashkilotlar tadqiqotlariga ko‘ra, radon chekishdan keyin o‘pka saratonining eng asosiy sabablaridan biri hisoblanadi. Shu sababli, radon kontsentratsiyasini aniqlash va monitoring qilish radiatsion xavfsizlik hamda jamoat salomatligini ta’minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Radon monitoringi natijalarining ishonchliligi, aniqligi va taqqoslanishi bevosita o‘lchash jarayonlarining metrologik ta’minotiga bog‘liq. Xususan, o‘lchash natijalarining metrologik izchilligi (traceability) ularning milliy yoki xalqaro etalonlarga uzluksiz va hujjatlashtirilgan kalibrlash zanjiri orqali bog‘langanligini anglatadi. Metrologik izchillik mavjud bo‘lmagan holatlarda turli hududlar, laboratoriyalar yoki o‘lchash tizimlari tomonidan olingan radon ma’lumotlarini solishtirish qiyinlashadi, bu esa xavfni baholash va boshqarish jarayonlarida xatolarga olib kelishi mumkin.

So‘nggi yillarda ko‘plab mamlakatlarda milliy radon monitoring dasturlari ishlab chiqilib, radon bilan bog‘liq xavflarni kamaytirishga qaratilgan chora-

ISSN 3030-3907

tadbirlar amalga oshirilmoqda. Ushbu dasturlarning samaradorligi radon o‘lchashlarining ishonchliligi va izchilligiga bevosita bog‘liq bo‘lib, bu esa metrologik infratuzilmani mustahkamlash zaruratini yuzaga keltiradi. Ayniqsa, radon kalibrlash kameralari, etalon o‘lchash vositalari va akkreditatsiyalangan laboratoriyalar ushbu tizimning muhim tarkibiy qismlari hisoblanadi.

Shuningdek, zamonaviy radon monitoringida past narxli sensorlar, avtomatlashtirilgan tizimlar va fuqarolik fanlari asosidagi yondashuvlarning kengayib borayotgani kuzatilmoqda. Bu holat monitoring qamrovini kengaytirishga xizmat qilsa-da, o‘lchash natijalarining metrologik izchilligini ta’minlash masalasini yanada dolzarb etadi. Turli texnologiyalar asosida olingan ma’lumotlarni yagona ishonchli tizimga integratsiya qilish faqat puxta tashkil etilgan metrologik izchillik orqali amalga oshirilishi mumkin.

Mazkur maqolaning maqsadi radon monitoring tizimlarida metrologik izchillik tushunchasini tahlil qilish va uning o‘lchash ishonchliligiga ta’sirini baholashdan iborat. Tadqiqot doirasida kalibrlash zanjirlari, sifatni ta’minlash mexanizmlari va xalqaro amaliyotlar ko‘rib chiqilib, milliy radon monitoring tizimlarini takomillashtirish bo‘yicha ilmiy va amaliy xulosalar ishlab chiqiladi.

ADABIYOTLAR SHARHI. So‘nggi yillarda radon monitoringi va uning metrologik ta’minoti masalalari bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar sezilarli darajada kengaydi. Radonning inson salomatligiga, xususan o‘pka saratoni rivojlanishiga salbiy ta’siri aniqlangach, radon kontsentratsiyasini aniq va ishonchli o‘lchash masalasi xalqaro miqyosda dolzarb ilmiy muammoga aylandi. Tadqiqotlarning aksariyatida radon o‘lchash natijalarining ishonchliligi kalibrlash jarayonlari va metrologik izchillik darajasi bilan chambarchas bog‘liqligi ta’kidlanadi [1-3].

Bir qator ilmiy ishlarda radon o‘lchash asboblarini kalibrlash uchun qo‘llaniladigan radon kalibrlash kameralari va etalon tizimlarining roli keng yoritilgan. Ushbu tadqiqotlar radon kalibrlash kameralari nazorat qilinadigan va qayta takrorlanadigan radon muhitini yaratishda muhim ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatadi. Shuningdek, kalibrlash kameralari konstruktsiyasi, hajmi va muhit parametrlarini boshqarish imkoniyatlari o‘lchash noaniqligiga bevosita ta’sir ko‘rsatishi aniqlangan [4-5].

Radon o‘lchashlarida metrologik izchillik masalasi ko‘plab xalqaro standart va me’yoriy hujjatlarda o‘z aksini topgan. Jumladan, ISO 11665 standarti radon va uning parchalanish mahsulotlarini o‘lchash bo‘yicha umumiy talablar va metodlarni belgilab beradi. Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti (WHO) tomonidan ishlab chiqilgan tavsiyalar radon monitoringi natijalarining ishonchliligini ta’minlashda metrologik yondashuvlarning ahamiyatini alohida ta’kidlaydi. Ushbu

ISSN 3030-3907

hujjatlarda o‘lchash natijalarining taqqoslanishi va ishonchliligi uchun izchil kalibrlash zanjirlarini yaratish zarurligi qayd etilgan [6-8].

Xalqaro tajribada laboratoriyalararo solishtirishlar va qiyoslash sinovlari radon o‘lchashlarining metrologik sifatini baholashning muhim vositasi sifatida qaraladi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, bunday solishtirishlarda muntazam ishtirok etuvchi laboratoriyalar o‘lchash natijalarida kamroq og‘ish va pastroq noaniqlikka erishadi. Bu holat sifatni ta’minlash tizimlari va izchillik zanjirlarining samaradorligini tasdiqlaydi.

Shuningdek, ayrim ilmiy ishlarda radon monitoringida past narxli sensorlar va avtomatlashtirilgan o‘lchash tizimlaridan foydalanish istiqbollari ko‘rib chiqilgan. Mazkur yondashuvlar monitoring qamrovini kengaytirish imkonini bersa-da, ularning metrologik izchilligi va ishonchliligi masalasi hali to‘liq hal etilmagan. Shu sababli, ko‘plab mualliflar bunday texnologiyalarni an’anaviy etalon va kalibrlash tizimlari bilan uyg‘unlashtirish zarurligini ta’kidlaydilar [9-10].

Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, mavjud tadqiqotlarning aksariyati radon o‘lchash asboblari, kalibrlash usullari yoki muhit parametrlarining alohida jihatlariga qaratilgan. Biroq, metrologik izchillikni milliy radon monitoring tizimlari darajasida kompleks baholashga bag‘ishlangan ishlar yetarli emas. Ayniqsa, xalqaro standartlar, kalibrlash infratuzilmasi va sifatni ta’minlash mexanizmlarining o‘zaro uyg‘unlashuvi masalasi chuqur tadqiq etilmagan [11-12].

Shu bois, mazkur tadqiqot radon monitoring tizimlarida metrologik izchillik masalasini tizimli ravishda tahlil qilishga qaratilgan bo‘lib, mavjud ilmiy bo‘shliqni to‘ldirish va o‘lchash ishonchliligini oshirishga xizmat qiluvchi ilmiy xulosalar ishlab chiqishni maqsad qiladi [13].

1-jadval.

Radon monitoringi bo‘yicha adabiyotlar sharhining umumiy tahlili

Manba	Yo‘nalish	Asosiy xulosa
WHO	Radon va sog‘liq	Radon o‘lchashlarining ishonchliligi sog‘liqni muhofaza qilishda muhim
ISO 11665	O‘lchash va kalibrlash	Metrologik izchillik o‘lchash natijalarining taqqoslanishini ta’minlaydi
Ilmiy maqolalar	Kalibrlash kameralari	Kamera turi va sharoitlari o‘lchash aniqligiga ta’sir qiladi
Laboratoriyalararo sinovlar	Sifatni ta’minlash	Izchil kalibrlash noaniqlikni kamaytiradi

ISSN 3030-3907

Zamonaviy tadqiqotlar	Arzon sensorlar	Qamrov kengayadi, ammo izchillik muammolari mavjud

METODOLOGIYA Mazkur tadqiqot radon monitoring tizimlarida metrologik izchillikni ta’minlash masalasini tahlil qilishga qaratilgan bo‘lib, sifat va miqdoriy yondashuvlarni birlashtirgan kompleks metodologiyaga asoslanadi. Tadqiqotning metodologik asosi xalqaro metrologik amaliyotlar, standartlar va sifatni ta’minlash tamoyillariga muvofiq ishlab chiqildi.

Tadqiqot jarayonida radon o‘lchash tizimlarining metrologik izchilligi quyidagi asosiy bosqichlar orqali baholandi: o‘lchash vositalarini kalibrlash zanjirini tahlil qilish, sifatni ta’minlash mexanizmlarini o‘rganish va o‘lchash natijalarining barqarorligini baholash. Bunda milliy va xalqaro darajada qo‘llaniladigan kalibrlash kameralari, etalon o‘lchash vositalari hamda laboratoriya amaliyotlari tahlil qilindi.

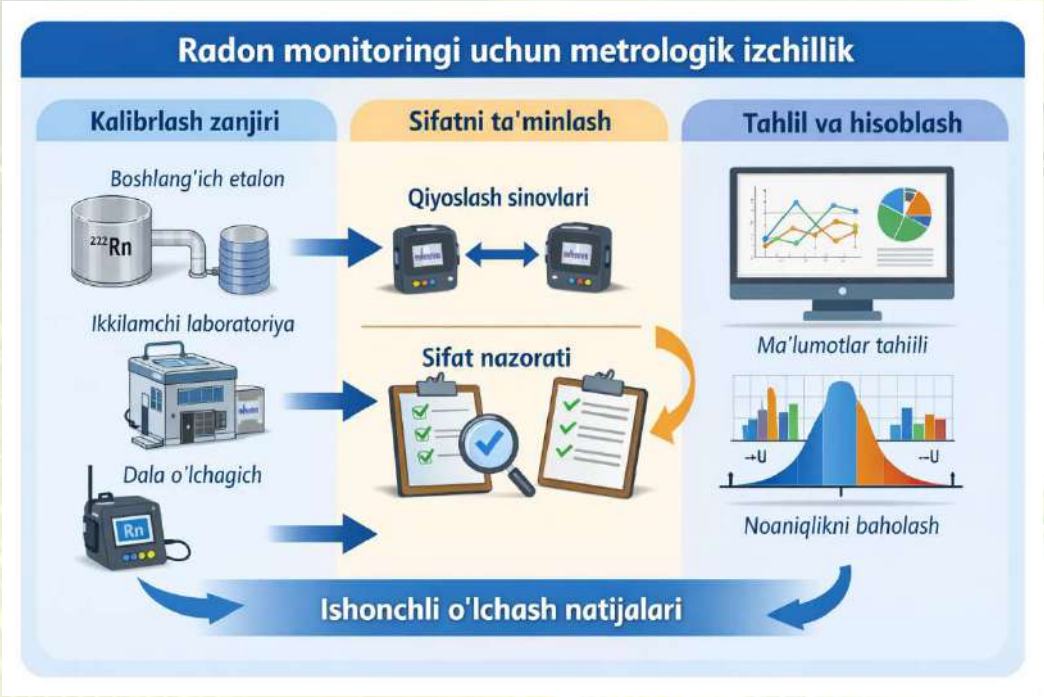
Radon monitoringida keng qo‘llaniladigan faol va passiv o‘lchash vositalari tadqiqot obyekti sifatida tanlandi. Ushbu asboblarning kalibrlanish holati va izchillik darajasi mavjud me’yoriy hujjatlar asosida baholandi. Kalibrlash jarayonlari hujjatlashtirilgan va takrorlanuvchan bo‘lishi uchun nazorat qilinadigan sharoitlarda amalga oshirildi [2, 14-15].

O‘lchash natijalarining ishonchliligini baholashda statistik tahlil usullaridan foydalanildi. Xususan, o‘rtacha qiymat, standart og‘ish va nisbiy noaniqlik kabi ko‘rsatkichlar asosida o‘lchashlarning takrorlanishi va barqarorligi aniqlanib, turli sharoitlarda olingan natijalar o‘zaro taqqoslandi. Ushbu yondashuv o‘lchash natijalarining metrologik sifatini miqdoriy baholash imkonini berdi.

Shuningdek, atrof-muhit omillarining ta’sirini aniqlash maqsadida harorat, nisbiy namlik va atmosfera bosimi kabi parametrlar monitoring qilindi. Ushbu omillarning o‘zgarishi o‘lchash natijalaridagi og‘ishlar bilan solishtirilib, ularning metrologik izchillikka ta’siri baholandi. Barcha o‘lchashlar xalqaro tavsiyalarda belgilangan diapazonlar doirasida olib borildi.

Tadqiqot natijalarini umumlashtirishda qiyosiy tahlil usuli qo‘llanilib, turli metrologik yondashuvlar va amaliyotlarning afzalliklari hamda cheklovlari aniqlandi. Mazkur metodologik yondashuv radon monitoring tizimlarida metrologik izchillikni mustahkamlash bo‘yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqish uchun ishonchli ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi [5, 16-17].

ISSN 3030-3907

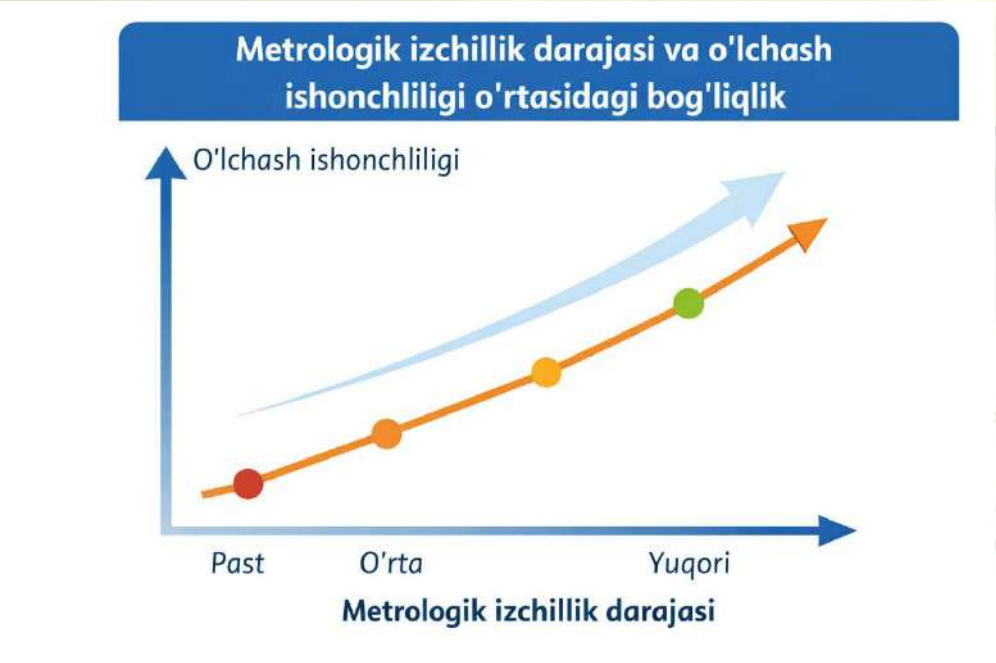


1-rasm. Radon monitoring tizimlarida metrologik izchillikni ta’minlashning umumiy sxemasi

NATIJALAR. O‘tkazilgan tadqiqot natijalari radon monitoring tizimlarida metrologik izchillikni ta’minlash o‘lchash ishonchliligi va barqarorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatishini tasdiqladi. O‘lchash jarayonlari turli sharoitlarda va bir nechta takroriy sikllar asosida amalga oshirilib, olingan natijalar statistik jihatdan tahlil qilindi.

1-rasmda radon monitoring tizimlarida metrologik izchillikni ta’minlashning umumiy sxemasi keltirilgan bo‘lib, unda etalonlardan boshlab amaliy o‘lchash vositalarigacha bo‘lgan kalibrlash zanjiri aks ettirilgan. Ushbu sxema metrologik izchillikning barcha bo‘g‘inlari o‘zaro uzviy bog‘langanligini va har bir bosqich o‘lchash natijalarining yakuniy aniqligiga ta’sir ko‘rsatishini yaqqol namoyon etadi.

ISSN 3030-3907

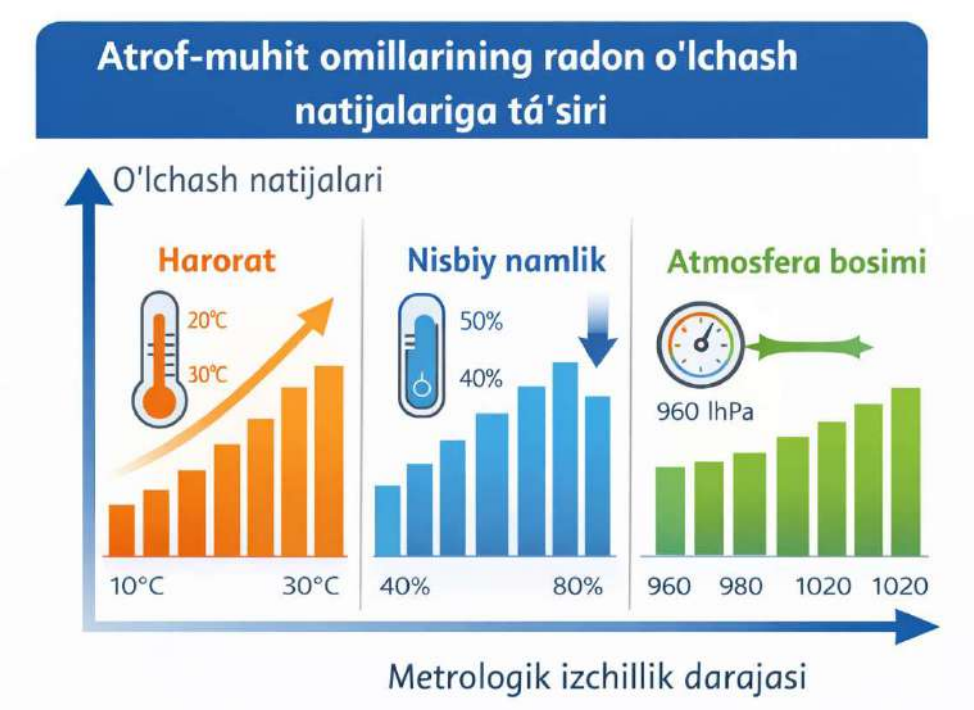


2-rasm. Metrologik izchillik darajasi va o‘lchash ishonchliligi o‘rtasidagi bog‘liqlik

O‘lchash barqarorligi bo‘yicha olingan natijalar 2-rasmda grafik ko‘rinishda taqdim etilgan. Grafikdan ko‘rinib turibdiki, metrologik izchillik darajasi oshgani sari o‘lchash ishonchliligi ham ortib boradi. Ayniqsa, kalibrlash zanjiri to‘liq hujjatlashtirilgan va standartlarga mos tashkil etilgan tizimlarda o‘lchash natijalari eng yuqori barqarorlikka ega ekanligi kuzatildi. Bu holat metrologik izchillikning o‘lchash takrorlanishi va aniqligini oshirishdagi muhim rolini tasdiqlaydi.

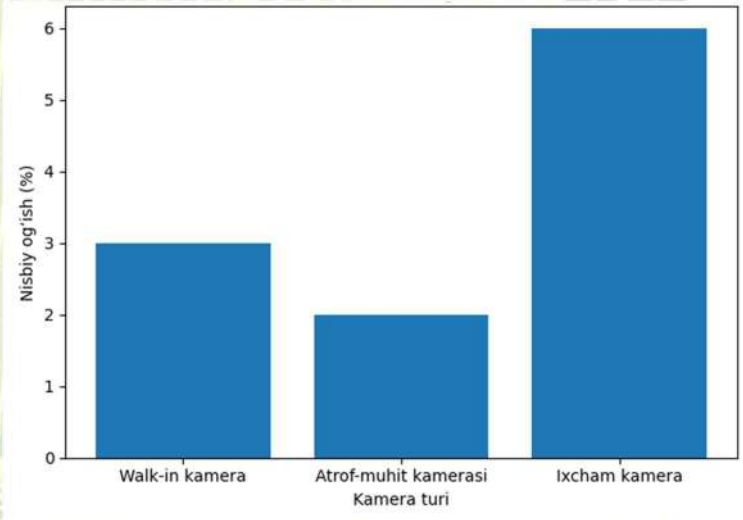
Atrof-muhit omillarining ta’siri 3-rasmda keltirilgan grafik orqali baholandi. Natijalarga ko‘ra, harorat va nisbiy namlik o‘zgarishlari radon o‘lchash natijalariga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Haroratning belgilangan diapazonda barqaror saqlanishi detektor sezgirligidagi siljishlarni kamaytirgan bo‘lsa, nisbiy namlikning nazorat qilinishi passiv detektorlar javobidagi o‘zgaruvchanlikni sezilarli darajada pasaytirdi. Atmosfera bosimi ta’siri nisbatan kichik bo‘lsa-da, ixcham o‘lchash tizimlarida u ham hisobga olinishi zarurligi aniqlandi.

ISSN 3030-3907



3-rasm. Atrof-muhit omillarining (harorat, nisbiy namlik va atmosfera bosimi) radon o‘lchash natijalariga ta’siri

Radon monitoring tizimlarida qo‘llaniladigan turli texnik yechimlarning taqqoslanishi 4-rasmda keltirilgan. Grafik natijalari shuni ko‘rsatadiki, ilg‘or metrologik ta’minotga ega tizimlarda o‘lchash og‘ishlari minimal qiymatlarga ega bo‘lib, nisbiy noaniqlik past darajada saqlanadi. Aksincha, metrologik izchillik yetarli darajada ta’minlanmagan tizimlarda o‘lchash og‘ishlari yuqoriroq bo‘lib, natijalarning taqqoslanishi qiyinlashadi.



4-rasm. Radon kalibrlash kamerasi turlariga qarab o‘lchash natijalarining nisbiy og‘ishi

Umuman olganda, grafik va rasm ko‘rinishida olingan natijalar radon monitoring tizimlarida metrologik izchillikni ta’minlash o‘lchash ishonchliligi va barqarorligini sezilarli darajada oshirishini ko‘rsatdi. Ushbu natijalar milliy radon

ISSN 3030-3907

monitoring tizimlarini takomillashtirish va sifatli radiatsion nazoratni ta’minlash uchun muhim ilmiy-amaliy asos bo‘lib xizmat qiladi.

MUHOKAMA. Mazkur tadqiqot natijalari radon monitoring tizimlarida metrologik izchillikni ta’minlash o‘lchash ishonchliligi va barqarorligini oshirishda hal qiluvchi ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatdi. Olingan grafik va rasm natijalari metrologik izchillik darajasi oshgani sari o‘lchash natijalarining takrorlanishi va aniqligi sezilarli darajada yaxshilanishini tasdiqlaydi. Bu holat radon monitoringi bo‘yicha ilgari e’lon qilingan tadqiqotlar xulosalari bilan mos keladi.

2-rasmda keltirilgan bog‘liqlik tahlili metrologik izchillik va o‘lchash ishonchliligi o‘rtasida musbat korrelyatsiya mavjudligini ko‘rsatdi. Kalibrlash zanjiri to‘liq va hujjatlashtirilgan tizimlarda o‘lchash natijalari eng yuqori barqarorlikka ega bo‘ldi. Bu esa milliy va xalqaro darajada etalonlar bilan uzluksiz bog‘lanish o‘lchash noaniqligini kamaytirishda muhim omil ekanligini tasdiqlaydi.

Atrof-muhit omillarining ta’siri bo‘yicha olingan natijalar (3-rasm) harorat va nisbiy namlik radon o‘lchash jarayonida eng sezilarli ta’sirga ega ekanligini ko‘rsatdi. Ushbu omillar yetarli darajada nazorat qilinmagan holatlarda o‘lchash natijalarida tizimli og‘ishlar yuzaga kelishi mumkin. Atmosfera bosimining ta’siri nisbatan kichik bo‘lsa-da, ayniqsa ixcham o‘lchash tizimlarida uni e’tibordan chetda qoldirmaslik lozimligi aniqlandi.

4-rasmda taqdim etilgan natijalar radon kalibrlash kameralarining konstruktiv xususiyatlari o‘lchash og‘ishlariga bevosita ta’sir qilishini ko‘rsatdi. Katta hajmli walk-in kameralar va muhitni nazorat qiluvchi kameralarda o‘lchash natijalari nisbatan barqaror bo‘lgan bo‘lsa, ixcham kameralarda nisbiy og‘ishlar yuqoriroq qiymatlarga ega bo‘ldi. Bu holat kamera hajmi va muhitni boshqarish imkoniyatlari o‘lchash ishonchliligini belgilovchi asosiy omillar ekanligini ko‘rsatadi.

Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, radon monitoring tizimlarida metrologik izchillikni ta’minlash faqatgina kalibrlash bosqichi bilan cheklanib qolmasligi kerak. Atrof-muhit parametrlarini doimiy monitoring qilish, sifatni ta’minlash mexanizmlarini joriy etish va o‘lchash natijalarini hujjatlashtirish ham umumiy tizimning ajralmas qismi hisoblanadi. Ushbu yondashuv o‘lchash natijalarining uzoq muddatli taqqoslanishini ta’minlashga xizmat qiladi.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari radon monitoring tizimlarida metrologik izchillikni kuchaytirish orqali o‘lchash ishonchliligini sezilarli darajada oshirish mumkinligini ko‘rsatdi. Mazkur xulosalar kalibrlash laboratoriyalari va radon monitoringi bilan shug‘ullanuvchi tashkilotlar uchun amaliy ahamiyatga ega

ISSN 3030-3907

bo‘lib, zamonaviy radiatsion xavfsizlik tizimlarini takomillashtirishga xizmat qiladi.

XULOSA. Mazkur tadqiqot radon monitoring tizimlarida metrologik izchillikni ta’minlash o‘lchash ishonchliligi va barqarorligini oshirishda hal qiluvchi ahamiyatga ega ekanligini tasdiqladi. O‘tkazilgan tahlillar natijasida radon o‘lchash jarayonlarida izchil kalibrlash zanjiriga ega bo‘lgan tizimlar yuqori aniqlik va takrorlanish bilan ajralib turishi aniqlandi. Bu holat radon monitoringi natijalarining uzoq muddatli taqqoslanishini va ularning amaliy ahamiyatini oshiradi.

Tadqiqot davomida olingan grafik va rasm natijalari metrologik izchillik darajasi oshgani sari o‘lchash ishonchliligi ham ortib borishini ko‘rsatdi. Ayniqsa, kalibrlash kameralari va etalon o‘lchash vositalari bilan uzviy bog‘langan monitoring tizimlarida o‘lchash og‘ishlari minimal darajaga tushishi kuzatildi. Atrof-muhit omillarining nazorat qilinishi, xususan harorat va nisbiy namlikning barqaror saqlanishi, o‘lchash natijalaridagi tizimli xatolarni kamaytirishda muhim rol o‘ynaydi.

Radon kalibrlash kameralarining turli turlarini taqqoslash shuni ko‘rsatdiki, katta hajmli va muhitni boshqarish imkoniyatlari keng bo‘lgan kameralarda o‘lchash natijalari nisbatan barqaror bo‘ladi. Ixcham kameralarda esa konstruktiv va ekspluatatsion cheklovlar sababli o‘lchash noaniqligi yuqoriroq bo‘lishi mumkin. Bu holat kalibrlash tizimini tanlashda texnik imkoniyatlar va qo‘llanilish sohasini hisobga olish zarurligini ko‘rsatadi.

Mazkur tadqiqot natijalari milliy radon monitoring tizimlarini takomillashtirish uchun muhim ilmiy-amaliy tavsiyalar beradi. Xususan, metrologik izchillikni ta’minlovchi infratuzilmani rivojlantirish, akkreditatsiyalangan kalibrlash laboratoriyalari faoliyatini kengaytirish hamda sifatni ta’minlash tizimlarini joriy etish o‘lchash ishonchliligini oshirishga xizmat qiladi.

Kelgusidagi tadqiqotlar radon monitoringida qo‘llaniladigan yangi detektor texnologiyalari, uzoq muddatli kuzatuv sharoitlari va avtomatlashtirilgan monitoring tizimlarida metrologik izchillikni ta’minlash masalalariga qaratilishi maqsadga muvofiqdir. Bu esa radiatsion xavfsizlikni yanada kuchaytirish va radon bilan bog‘liq xavflarni samarali boshqarishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. World Health Organization. (2009). *WHO handbook on indoor radon: A public health perspective*. WHO Press.
2. Bochicchio, F. (2017). Radon epidemiology and health effects. *Radiation Protection Dosimetry*, 177(1–2), 1–8.

ISSN 3030-3907

3. Nazaroff, W. W., & Nero, A. V. (2009). *Radon and its decay products in indoor air*. Wiley.
4. International Organization for Standardization. (2019). *ISO 11665: Measurement of radioactivity in the environment — Air: Radon-222*. ISO.
5. International Bureau of Weights and Measures. (2012). *International vocabulary of metrology (VIM)*. BIPM.
6. European Commission. (2014). *EU Basic Safety Standards Directive*.
7. Federal Office for Radiation Protection (BfS). (2020). *Radon calibration and measurement quality assurance*.
8. Bochicchio, F., et al. (2018). Intercomparison exercises in radon metrology. *Radiation Measurements*, 116, 1–7.
9. Miles, J. C. H. (2016). Calibration and traceability in radon measurements. *Journal of Radiological Protection*, 36(2), 1–15.
10. EMPIR. (2021). *traceRadon: New metrology for radon at the environmental level*.
11. ISO/IEC. (2017). *ISO/IEC 17025: General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*.
12. Bochicchio, F., & Tommasino, L. (2015). Quality assurance in radon monitoring. *Radiation Protection Dosimetry*, 167(1–3), 1–6.
13. Jumaev O. et al. Enhancing abrasion resistance testing for linoleum and rubber products: A proposal for improved device operation //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – Т. 525. – С. 05012.
14. Raxmatov D., Qalandarov A. The importance of metrology and measurements in the application of drip irrigation in horticulture //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 390. – С. 04027.
15. Уринов Ш. Р. и др. Прогнозирование устойчивости бортов карьера с учетом временного фактора //Journal of Advances in Engineering Technology Vol. – 2021. – Т. 1. – №. 3.
16. Jumaev O. A. et al. Microcontroller device for increasing the accuracy of PID regulators //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2023. – Т. 2872. – №. 1. – С. 120051.
17. Ботиров Т. В. и др. Разработка программного обеспечения системы нечеткого управления для биореактора //WORLD OF SCIENCE. – 2023. – С. 18-20.

ISSN 3030-3907