

Держатомрегулювання України
Національна академія медичних наук України

**РЕЗУЛЬТАТИ ПЕРШОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
ІНТЕРКАЛІБРУВАННЯ ЛАБОРАТОРІЙ
ІНДИВІДУАЛЬНОГО ДОЗИМЕТРИЧНОГО
КОНТРОЛЮ В УКРАЇНІ**

(аналітична довідка)

Київ

2014

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Генеральний директор Державної
установи «Національний науковий центр
радіаційної медицини Національної
академії медичних наук України»,
чл.-кор. НАМН України, д-р мед.наук,
проф. Д.А.Базика
« 05 » _____ 2015р.



Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини
Національної академії медичних наук України»

За участю:

Бельгійського центру ядерних досліджень SCK-CEN

Державного підприємства "Київоблстандартметрологія"

Аналітичну довідку підготовлено авторським колективом у складі:
доктор біол.наук В.В.Чумак (науковий керівник), В.М.Волоський, А.О.Моргун,
канд.ф.-м.наук О.В.Баханова, Н.П.Деняченко

Ухвалено Вченою радою Інституту радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМ
29.12.2014 р. (протокол №8)

1. ВСТУП

Україна займає передові позиції в світі за використанням ядерних та радіаційних технологій у мирних цілях. Джерела іонізуючого випромінювання (ДІВ) використовуються практично у всіх галузях людської діяльності: виробництві ядерної енергії (15 енергоблоків на 4 АЕС України, що виробляють більше половини електроенергії в країні), медицині (діагностиці та лікуванні), промисловості, науці та освіті. Крім того, після чорнобильської катастрофи в Україні діють унікальні об'єкти зони відчуження: Чорнобильська АЕС та об'єкт «Укриття», сховища високоактивних радіоактивних відходів та інші радіаційно-небезпечні об'єкти. Загальна чисельність персоналу, що має професійний контакт із ДІВ (персонал категорії А) складає близько 50 тис. осіб.

Одним з найважливіших елементів радіаційного захисту персоналу категорії А є дозиметричний контроль, зокрема – індивідуальний дозиметричний контроль (ІДК), який здійснюється лабораторіями чи службами ІДК із використанням спеціалізованих індивідуальних дозиметрів. Такі лабораторії діють на об'єктах, що використовують радіаційні технології (АЕС, крупні медичні заклади), працюють в системі Санепідслужби (СЕС) України (у минулому - санепідстанції, нині – лабораторні центри СЕС), при наукових установах та промислових підприємствах. Усього, станом на 2009 рік в Україні 83 лабораторії здійснювали ІДК, в тому числі, 31 - у тимчасово окупованому Криму та Луганській і Донецькій областях, які нині знаходяться у зоні АТО. На жаль, якість дозиметричного контролю та точність індивідуальних доз, що визначаються цими лабораторіями, досі в Україні не оцінювались, а окремі відомі факти вказують на подекуди недостатню адекватність дозиметричного контролю професійного опромінення.

Питання контролю та забезпечення якості вимірювання доз детально опрацьоване у зарубіжних нормативних та інструктивно-методичних документах як на національних, так і на міжнародному рівнях. Багаторічний досвід розвинутих країн свідчить, що одним із найбільш ефективних способів об'єктивного контролю якості діяльності служб та лабораторій ІДК є проведення т.зв. інтеркалібрувань – сліпих тестів, коли дозиметри, надані лабораторією піддаються контрольному опроміненню дозами та в умовах (види випромінювання, енергії, кути опромінення), що є невідомими лабораторіям-учасникам інтеркалібрування, але таких, що моделюють реальні умови професійного опромінення. Порівняння результатів визначення дози, що здійснюються лабораторією-учасницею інтеркалібрування, із референтними (номінальними, умовно істинними) значеннями доз дозволяє об'єктивно оцінити

якість дозиметричного контролю та дійти висновку про відповідність показників функціонування лабораторії встановленим критеріям.

У світі використовуються два основні підходи до оцінювання якості дозиметричних служб: північноамериканська, що базується на американському національному стандарті ANSI N13.11-2001 (використовується програмами акредитації дозиметричних лабораторій NVLAP та DOELAP, низкою країн азійсько-тихоокеанського регіону) або міжнародна, основи якої викладені у стандарті ISO 14146, що має найбільше поширення у країнах Євросоюзу. Незважаючи на певну розбіжність у підходах, обидва стандарти гарантують високу якість визначення індивідуальних доз професійного опромінення персоналу категорії А. Багаторічний досвід проведення інтеркалібрувань (МАГАТЕ, ЄВРАДОЗ, азійські інтеркалібрування) довів високу ефективність цього заходу, який дозволяє унаочнювати ймовірні вади методик, обладнання і внутрішньо лабораторних процедур, а також знаходити шляхи суттєвого поліпшення функціонування лабораторій ІДК.

Починаючи з 1996 року деякі лабораторії ІДК України брали участь у міжнародних інтеркалібруваннях, причому лише одна лабораторія (ННЦРМ НАМН України) брала участь в усіх доступних інтеркалібруваннях, дві інші лабораторії («Об'єкт «Укриття» ДСП ЧАЕС та ХІМР НАМН України) брали участь епізодично. Можна констатувати, що участь окремих українських лабораторій у цих міжнародних заходах довели свою високу ефективність та сприяли поліпшенню якості індивідуального дозиметричного контролю.

Починаючи з 2008 року європейська дозиметрична група ЄВРАДОЗ на комерційній основі проводить регулярні міжнародні інтеркалібрування, де дизайн та критерії оцінювання функціонування лабораторій базуються на міжнародному стандарті ISO 14146.

В Україні, починаючи з 2014 року реалізується «Загальнодержавна соціальна програма поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2014-2018 роки» (Програма), затверджена Законом України від 04 квітня 2013 року за № 178-VII. Одним із заходів Програми (Захід 8.2. «Проведення оцінки поточного стану індивідуального дозиметричного контролю професійного опромінення персоналу, віднесеного до категорії А, з метою здійснення ефективного державного дозиметричного контролю») передбачалося проведення Першого національного інтеркалібрування лабораторій індивідуального дозиметричного контролю України (далі – Інтеркалібрування). Цей захід було здійснено протягом червня – листопаду 2014 року Державною установою «Національний науковий центр радіаційної медицини Національної академії медичних наук України» (ННЦРМ) спільно з Державною інспекцією ядерного регулювання України (Держатомрегулювання).

Участь у Першому національному інтеркалібруванні була безплатною для учасників. Витрати на проведення Інтеркалібрування покривалися частково з

бюджету Національної академії медичних наук України (НАМН) у рамках Програми, частково – за рахунок бельгійського уряду (проект «Українське інтеркалібрування дозиметричних служб»).

До участі в Інтеркалібруванні запрошувались усі лабораторії індивідуального дозиметричного контролю, які здійснюють чи мають право здійснювати вимірювання індивідуальних доз зовнішнього фотонного (гамма- та рентгенівського) опромінення персоналу категорії А, незалежно від їхньої форми власності та підпорядкування. Координацію Інтеркалібрування здійснював ННЦРМ (далі – Координатор). Оповіщення про захід здійснювалось через інспекції (регіональні та на АЕС) Держатомрегулювання України, а також додатково – листом Державної санітарно-епідеміологічної служби України.

На повідомлення про проведення Першого національного інтеркалібрування лабораторій ІДК України відгукнулись 34 організації, 18 з них фактично взяли участь у Інтеркалібруванні. Серед тих установ, що не взяли участь в Інтеркалібруванні, у 2 виявилось несправним основне дозиметричне обладнання, 2 виявилися неспроможними надати необхідну кількість дозиметрів, 8 не використовують пасивні індивідуальні дозиметри, 2 відмовились без пояснення причин. Ще 2 лабораторії не встигли вчасно надати дозиметри для контрольного опромінення.

2. ПЕРШЕ НАЦІОНАЛЬНЕ ІНТЕРКАЛІБРУВАННЯ ЛАБОРАТОРІЙ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ДОЗИМЕТРИЧНОГО КОНТРОЛЮ УКРАЇНИ

Перше національне інтеркалібрування лабораторій ІДК являє собою організаційно-складний процес, що складається з окремих організаційних елементів, функціональний зв'язок між якими показаний на Рис. 1. Виконання цих елементів відбувалося у хронологічній послідовності у вигляді певних подій, які нумеровані на рисунку у порядку їх слідування.

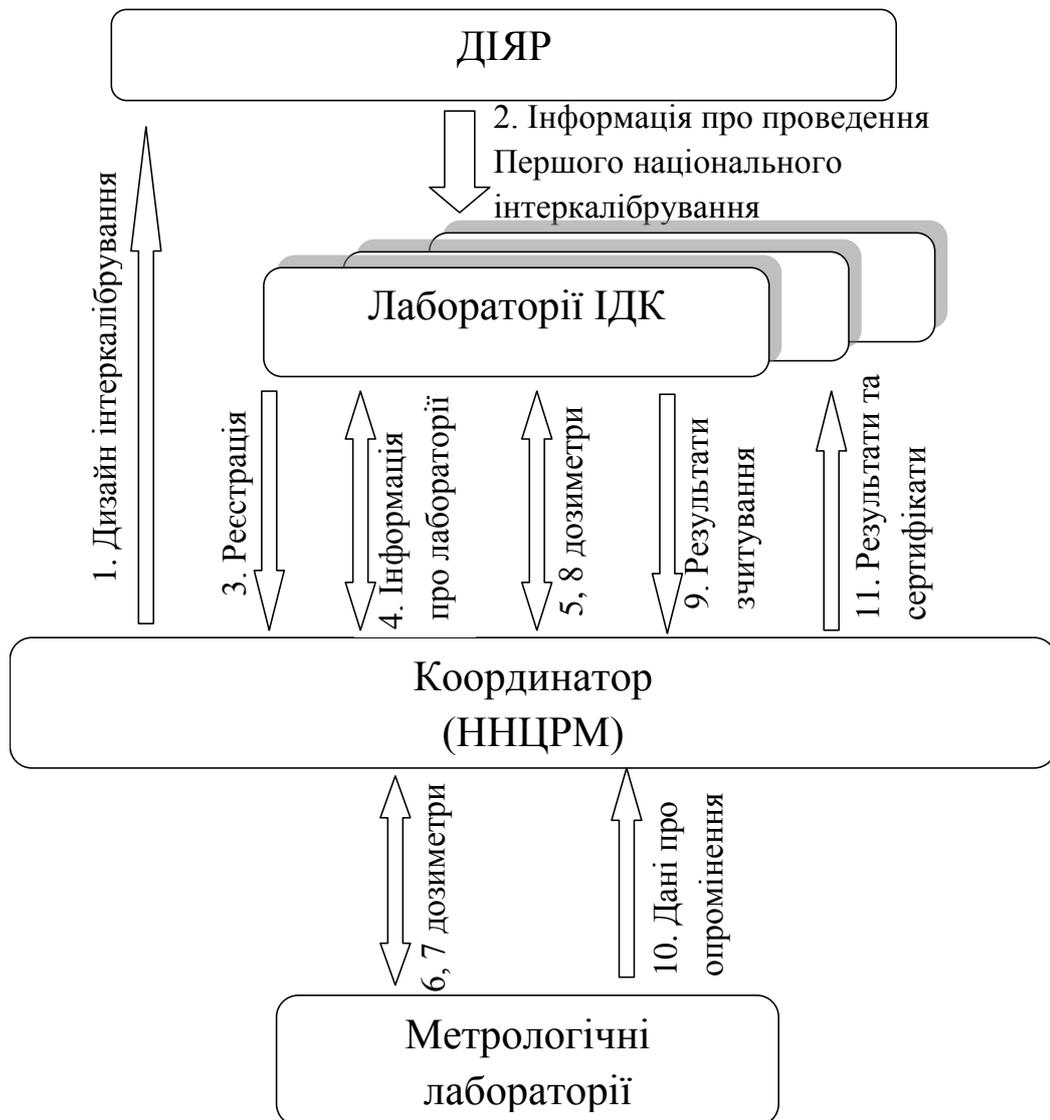


Рисунок 1 – Функціональна діаграма Першого національного інтеркалібрування лабораторій індивідуального дозиметричного контролю України

Хронологічну послідовність подій Інтеркалібрування представлено на Рис. 2. На рисунку відображені окремі етапи реалізації Інтеркалібрування (відтінені прямокутники) та моменти надсилання інформації від Координатора (вертикальні надписи у локаціях на шкалі часу, що відповідають даті надсилання). Як показала практика, хоча терміни проведення Інтеркалібрування були досить стислими, тривалість кожного з етапів виявилась достатньою для їхньої реалізації усіма дієвими особами Інтеркалібрування (лабораторіями-учасницями, Координатором, метрологічними лабораторіями).

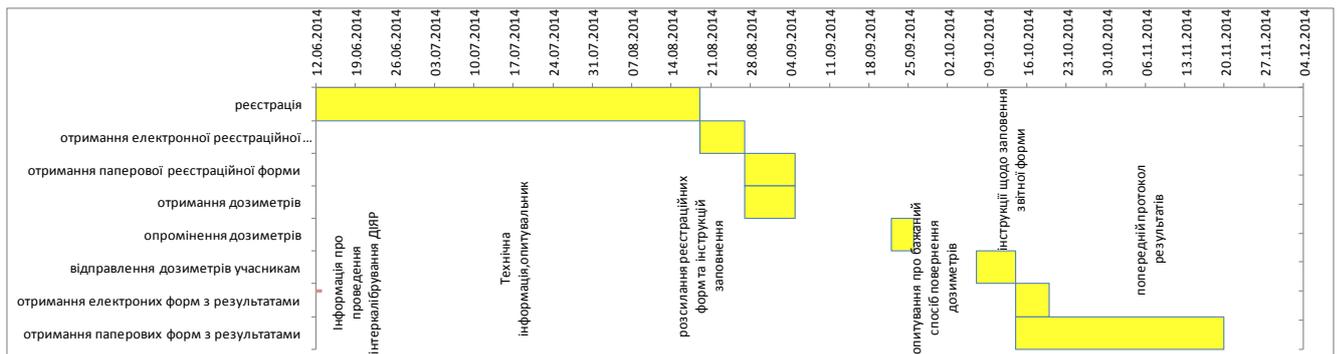


Рисунок 2 – Хронологія реалізації Першого національного інтеркалібрування лабораторій індивідуального дозиметричного контролю України

2.1 Дизайн Інтеркалібрування

В основу дизайну Першого національного інтеркалібрування лабораторій ІДК було покладено добре апробований дизайн інтеркалібрувань ЄВРАДОЗ, який повністю відповідає вимогам міжнародного стандарту ISO 14146 за наступними показниками:

- Дозиметричні величини, що вимірюються;
- Стандартні умови випробування;
- Максимальне значення фону фотонного випромінювання, що накопичений протягом часу Інтеркалібрування;
- Якості випромінювання та кути опромінення при контрольному опроміненні;
- Діапазон доз контрольного опромінення;
- Розмір вибірки дозиметрів для оцінювання;
- Кількість фонових та резервних дозиметрів;
- Процедура та критерії оцінювання;
- Послідовність оцінювання.

Так само, як і в інтеркалібруваннях ЄВРАДОЗ, були прийняті наступні відхилення від стандартної процедури ISO 14146:

Дозиметри для контрольного опромінення не відбиралися представником Координатора у випадковий спосіб із наголосом на те, щоб лабораторіями-учасницями не вживалися будь-які кроки для спеціального відбору (найкращих) дозиметрів та їхньої обробки у особливий спосіб, що відрізняється від звичайних процедур;

Координатор Інтеркалібрування не мав повноважень та не виконував функції органу акредитації. Натомість, завданням Координатору було забезпечити об'єктивне та неупереджене виконання плану Інтеркалібрування та проведення аналізу й узагальнення результатів Інтеркалібрування на основі об'єктивних критеріїв.

Дизайн Інтеркалібрування передбачав контрольне опромінення 24 індивідуальних дозиметрів від кожної з лабораторій-учасниць в умовах, які були невідомі для учасників та Координатора Інтеркалібрування. Додатково, 6 дозиметрів з кожної лабораторії¹ використовувались як транспортні та резервні з метою врахування доз, які ймовірно могли бути отримані дозиметрами під час зберігання та транспортування.

Організаторами Інтеркалібрування було вжито усіх заходів для запобігання додатковому опроміненню дозиметрів (через особисте транспортування дозиметрів до калібрувальних лабораторій наземним транспортом) та зменшення дози фонового опромінення (шляхом проведення Інтеркалібрування у стислі терміни). Завдяки вжитим заходам, дози, накопичені фоновими дозиметрами, не перевищили 60 мкЗв, що відповідає величині дози від природного радіаційного фону за період проведення Інтеркалібрування. Зважаючи на незначну величину фонові дози та ймовірні відмінності у методах віднімання власного фону дозиметрів, що практикуються у лабораторіях, після обговорення з учасниками було прийнято рішення не віднімати величину дози фонового опромінення від значень, виміряних лабораторіями-учасницями, при аналізі результатів. Слід відзначити, що цей додаток (60 мкЗв) міг суттєво (на рівні 12%) вплинути на результат тільки при найменшій дозі контрольного опромінення (500 мкЗв), але спеціальний аналіз показав, що врахування чи неврахування цієї компоненти дози не впливає на кількість результатів, що задовольняють критерію оцінювання ISO 14146.

¹ Одна лабораторія повідомила про неспроможність надати 30 дозиметрів для участі в інтеркалібруванні. Для цієї лабораторії було зроблено виняток у вигляді відсутності фонових та резервних дозиметрів, усі дозиметри (24 одиниці) були використані для контрольного опромінення.

2.2 Забезпечення об'єктивності та неупередженості

З метою забезпечення неупередженості обробки дозиметрів та результатів визначення доз лабораторії-учасниці виступали під кодовими номерами. Ці номери присвоювались лабораторіям під час первинної реєстрації у порядку зменшення номерів, починаючи від № 51 (перша лабораторія, що зареєструвалася отримала кодовий № 51, друга – № 50 і так далі). Ці номери та їхня відповідність назвам лабораторій-учасниць були відомі персоналу Координатора та використовувались під час листування із лабораторіями-учасницями й фігурували у реєстраційних та звітних матеріалах лабораторій.

Далі, з метою подальшої анонімізації лабораторій на етапі контрольного опромінення, лабораторії-учасниці отримали нові коди, а кожному з дозиметрів було присвоєно унікальний номер, що визначався за спеціальним алгоритмом, який був розроблений та застосований спеціально призначеним співробітником лабораторії Координатора, що був непричетний до проведення Інтеркалібрування чи контрольного опромінення. Унікальний номер у зашифрованому вигляді містив порядковий номер дозиметра у окремій лабораторії, новий код лабораторії, який використовувався під час опромінення та звітування про результати вимірювання доз, а також кілька «баластних» числових знаків, які не несли жодної інформації.

Кожен з дозиметрів було марковано наліпкою із унікальним номером та штрих-кодом (Рис. 3), а самі дозиметри розподілені на пакети для контрольного опромінення (24 пакети для опромінення плюс 6 пакетів для фонових та резервних дозиметрів). До метрологічної лабораторії у Бельгії (Бельгійський центр ядерних досліджень SCK-CEN) було направлено 27 пакетів, до лабораторії ДП «Київоблстандартметрологія» – 3 пакети.

Таким чином, метрологічні лабораторії при здійсненні контрольного опромінення оперували з окремими заздалегідь підготовленими пакетами дозиметрів (всі дозиметри з пакету мали опромінюватись однаковою дозою в ідентичних умовах), а відповідність кодів конкретним лабораторіям була невідомою ані метрологам, ані персоналу Координатора.

По завершенні контрольного опромінення та повернення до Координатора дозиметри були розподілені на пакети відповідно до належності окремим лабораторіям-учасницям, а протоколи результатів вимірювань, поруч із оригінальним маркуванням дозиметрів лабораторіями-учасницями, містили також унікальні номери, що були присвоєні відповідно до алгоритму та відображені на наліпках на кожному з дозиметрів. У подальшому, при звітуванні, співставленні виміряних та номінальних значень доз і аналізі результатів Інтеркалібрування використовувались саме унікальні номери дозиметрів.



Рисунок 3 – Універсальне маркування дозиметрів, наданих лабораторіями-учасницями Першого національного інтеркалібрування лабораторій індивідуального дозиметричного контролю України

Оскільки дозиметрична лабораторія установи-Координатора також взяла участь у Інтеркалібруванні, особливу увагу були приділено запобіганню дочасному витоку з метрологічних лабораторій інформації про умови опромінення та номінальні дози чи іншому зловживанню інсайдерською інформацією. Для цього опромінення здійснювалось невідомими для Координатора дозами, до того ж дози та умови контрольного опромінення окремих дозиметрів були невідомі аж до самого завершення надходження протоколів вимірювання від учасників. Лише після отримання протоколів вимірювання від усіх учасників Інтеркалібрування, метрологічні лабораторії отримали вказівку про надсилання таблиць номінальних доз та протоколів опромінення Координаторові. Через запізнення із надсиланням результатів вимірювання двома лабораторіями-учасницями, увесь процес розголошення номінальних доз було пригальмовано до остаточного надходження результатів вимірювання від кожної з лабораторій.

Після цього таблиці результатів окремих лабораторій-учасниць були доповнені значеннями номінальних доз та направлені учасникам у вигляді «попередніх протоколів» для затвердження ними. В інструкції учасників було повідомлено про те, що на цьому етапі можна внести корективи лише у первинні результати у разі виявлення похибок (наприклад, плутанина з нумерацією дозиметрів), але не у власне виміряні значення доз. Жодна з лабораторій не висловила зауважень до точності відображення їхніх результатів у попередніх протоколах.

Уся хронологія подій для кожної з лабораторій протоколювалась, а рух протоколів та іншої інформації провадився каналами електронної пошти із відповідною фіксацією та зберіганням вхідних та вихідних повідомлень.

Аналіз та узагальнення результатів для усіх лабораторій здійснювався за тотожною схемою із використанням одного шаблону.

Гласність обговорення результатів Першого національного інтеркалібрування лабораторій ІДК України забезпечувалась шляхом проведення «Семінару з обговорення результатів Інтеркалібрування», який відбувся 16.12.2014 на базі ННЦРМ. Під час семінару лабораторіям була надана можливість прокоментувати власні результати чи висловити зауваження до дизайну чи практичної реалізації Інтеркалібрування. По завершенні семінару кожна з лабораторій-учасниць отримала сертифікат про результати разом із додатками – офіційним протоколом результатів, стереотипним аналізом результатів даної лабораторії та копіями метрологічних протоколів контрольного опромінення дозиметрів.

2.3 Контрольне опромінення дозиметрів

Контрольні опромінення дозиметрів здійснювались в акредитованих метрологічних лабораторіях України (ДП «Київоблстандартметрологія») та Бельгії (Бельгійський центр ядерних досліджень SCK-CEN) у полях фотонного (гамма-/рентгенівського) випромінювання в одиницях еквіваленту індивідуальної дози $H_p(10)$ та $H_p(0.07)$ згідно з міжнародним стандартом ISO 4037. Протоколи опромінення дозиметрів наведені у додатках А та Б.

Граничні умови опромінення, оголошені учасникам, лежали у наступних межах:

- Енергія фотонів: 30 кеВ – 1.3 МеВ;
- Еквівалент індивідуальної дози: 0.2 мЗв – 100 мЗв;
- Кут падіння випромінювання: $\pm 60^\circ$.

Загалом же, відповідно до ISO 14146, умови контрольного опромінення лежали в межах допустимих умов використання основного вимірювального обладнання та намагалися перекрити увесь діапазон ймовірних умов професійного опромінення персоналу категорії А.

Фактичні умови опромінення обиралися метрологічними лабораторіями на власний розсуд у означених вище межах.

Фактично для опромінення були використані наступні якості опромінення згідно ISO 4037: N-40 (2 точки), N-60 (7 точок при кутах опромінення 0° , 45° та 60°), S-Cs (12 точок), S-Co (3 точки), опромінення здійснювалось на стандартному водному фантомі ISO. Таким чином, 15 з 24 контрольних точок відповідали умовам опромінення жорстким гамма-випромінюванням, 9 точок – опроміненню рентгенівськими джерелами низької енергії.

Більш детально розподіл дозиметрів за номінальними дозами та умовами (якість та кут падіння) опромінення наведені у Табл. 1.

Таблиця 1 – Якості опромінення та номінальні дози, які були застосовані при контрольному опроміненні дозиметрів

Серія #	Якість опромінення згідно ISO 4037 ^a	Кут падіння опромінення	Номінальне значення $H_p(10)$, мЗв	Кількість дозиметрів
1	S-Cs	0°	0.5	2
2	S-Cs	0°	2	3
3	S-Cs	0°	5	4
4	S-Cs	0°	20	2 ^o
5	S-Cs	0°	60	1
6	S-Co	0°	5	3
7	N-60	0°	5	3
8	N-60	45°	5	2
9	N-60	60°	5	2
10	N-40	0°	5	2

^a Джерела випромінювання (ISO 4037):

N-40: рентгенівське випромінювання, серія вузького спектра, $\bar{E}=33$ кеВ

N-60: рентгенівське випромінювання, серія вузького спектра, $\bar{E}=48$ кеВ

S-Cs: джерело ¹³⁷Cs, $\bar{E}=662$ кеВ

S-Co: джерело ⁶⁰Co, $\bar{E}=1250$ кеВ

^b опромінювались у двох різних метрологічних лабораторіях

2.4 Критерії оцінювання

Формальне оцінювання результатів, продемонстрованих лабораторіями-учасницями здійснювалось на основі вимог міжнародного стандарту ISO 14146. Успішним вважався результат лабораторії, якщо не менше ніж 90% результатів визначення доз потрапляло у «трубу допусків»:

$$\frac{1}{F} \left(1 - \frac{2H_0}{H_0 + H_C} \right) \leq R \leq F \left(1 + \frac{H_0}{2H_0 + H_C} \right)$$

де R – відношення виміряного значення дози H_S до умовно істинного значення H_C ($R = \frac{H_S}{H_C}$),

F – параметр, що характеризує максимальне відносне відхилення при високих дозах; згідно ISO 14146 та МКРЗ 75, $F=1.5$,

H_0 - нижня межа діапазону доз, що вимірюються; згідно ISO 14146, $H_0=0.2$ мЗв².

² З огляду на переважання квартального періоду моніторингу в Україні (порівняно із місячним, як прийнято у більшості європейських лабораторій ІДК) – див. Табл. 2, за величину H_0 було прийнято 0.2 мЗв замість 0.085 мЗв, як при інтеркалібруваннях ЄВРАДОЗ. Таке збільшення величини параметру H_0 дещо розширило межі допустимого відхилення, призвівши до певного пом'якшення строгості оцінювання.

Застосування «труби допусків» відображає той факт, що стандартом висуваються різні вимоги до точності визначення дози в залежності від рівня дози: при мінімальних дозах (рівних або нижчих за H_0) допускається відносне відхилення до 2 разів ($0.5 \leq R \leq 2$), при високих дозах відхилення не має перевищувати 1.5 рази.

2.5 Додаткові показники функціонування дозиметричних систем

Окрім формальної оцінки відповідності результатів лабораторій критеріям стандарту ISO 14146, дизайн Інтеркалібрування дозволяв оцінити такі показники:

- Лінійність відгуку дозиметрів у діапазоні доз 0.5-60 мЗв: 12 дозиметрів опромінювались на джерелі S-Cs (ізоотопне джерело ^{137}Cs згідно з стандартом ISO 4037);
- Відносна систематична похибка вимірювання еквівалентної дози $H_p(10)$ при опроміненні на джерелі S-Cs: 12 точок у діапазоні доз 0.5-60 мЗв;
- Відносна випадкова похибка вимірювання еквівалентної дози $H_p(10)$ при опроміненні на джерелі S-Cs: 4 точки при дозі 5 мЗв;
- Точність калібрування дозиметрів (середній калібрувальний коефіцієнт на джерелі S-Cs: 12 точок у діапазоні доз 0.5-60 мЗв);
- Спроможність дозиметричної системи коректно визначати дози у широкому діапазоні енергій (E : 33 кеВ – 1.25 МеВ);
- Кутову залежність показань дозиметрів для однієї серії рентгенівського опромінення (N-60) та кутів падіння випромінювання у діапазоні 0° - 60° ;
- Результативність визначення доз (спроможність лабораторії визначати дозу для усіх опромінених дозиметрів).

Зважаючи на обмеженість статистичного матеріалу (були опромінені лише 24 дозиметри від кожної лабораторії, у тому числі - для окремої якості опромінення 2-4 точки), слід зазначити, що остаточна оцінка перелічених вище характеристик вимагатиме подальших поглиблених досліджень.

3. ХАРАКТЕРИСТИКА ЛАБОРАТОРІЙ-УЧАСНИЦЬ ІНТЕРКАЛІБРУВАННЯ

Кожна з лабораторій-учасниць під час реєстрації для участі в Інтеркалібруванні надала дані про тип дозиметричного обладнання, що використовується, подробиці метрологічного забезпечення, кількість персоналу категорії А, для якого здійснюється ІДК та галузі використання ДІВ, у яких цей персонал працює.

Загалом в Інтеркалібруванні взяли участь 18 лабораторій ІДК із 19 дозиметричними системами (одна лабораторія виступала із двома системами). Ці лабораторії здійснюють моніторинг 37 471 осіб з числа персоналу категорії А, що становить близько $\frac{3}{4}$ загальної чисельності персоналу категорії А в Україні.

За відомчою належністю та профілем лабораторії-учасниці розподілені таким чином:

- ДП НАЕК «Енергоатом» - 4 АЕС та Аварійно-технічний центр;
- Лабораторні центри СЕС України – 4;
- Спеціалізовані підприємства зони відчуження – 2;
- Медичні установи – 2;
- Науково-дослідні інститути – 4;
- Комерційне підприємство – 1.

Під час реєстрації для участі у Інтеркалібруванні лабораторіям було запропоновано заповнити реєстраційні форми, які, серед іншого, містили питання стосовно галузей використання ДІВ у яких працює персонал, що перебуває на ІДК, чисельності персоналу, періодичність контролю, видів опромінення та доз, що визначаються при ІДК, метрологічне забезпечення лабораторій, основне та допоміжне обладнання ІДК, стан комп'ютерного обліку та зберігання даних про дози опромінення персоналу. Реєстраційна форма була реалізована у вигляді електронних таблиць із елементами логічного контролю відповідей. Зібрані під час реєстрації дані дозволяють досить повно охарактеризувати лабораторії-учасниці Інтеркалібрування. Встановлено, що лабораторії-учасниці здійснюють дозиметричний контроль практично в усіх галузях використання ДІВ, за винятком видобутку та переробки уранових руд. Розподіл лабораторій за галузями використання ДІВ представлений на Рис. 4. Зауважимо, що деякі з лабораторій здійснюють контроль персоналу категорії А у кількох галузях, тому загальна сума перевищує число учасників (18 лабораторій).

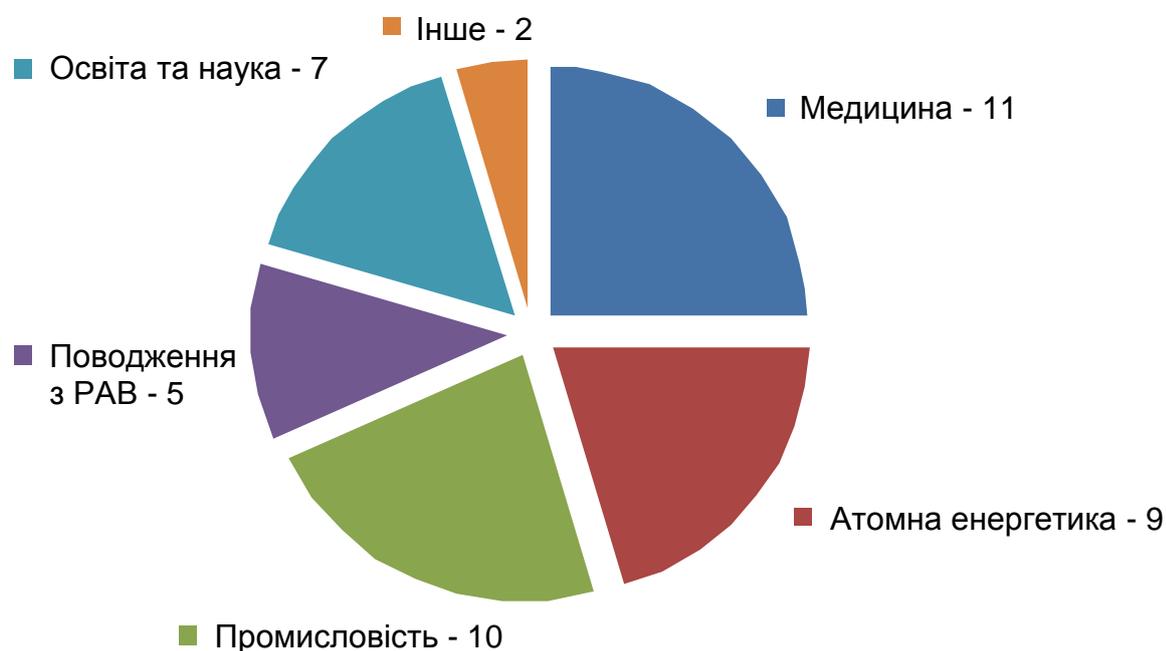


Рисунок 4 – Галузі використання ДІВ у яких здійснюють ІДК персоналу категорії А лабораторії-учасниці Першого національного інтеркалібрування

Лабораторії-учасниці Інтеркалібрування відрізняються не тільки відомчою належністю, але й масштабами (кількість персоналу, що отримує ІДК) та періодичністю контролю. Розподіл за цими показниками представлений у Табл. 2. Більшість лабораторії здійснюють ІДК не тільки персоналу власного підприємства (установи), але й надають послуги ІДК стороннім клієнтам або контролюють персонал відокремлених підрозділів.

Вказані лабораторії використовують широкий спектр дозиметричного обладнання: автоматизовані (8 лабораторій) чи ручні (9 лабораторій) ТЛД системи, фотоплівкову систему ІДК (1 лабораторія) із досить відмінними метрологічними характеристиками. Зразки індивідуальних дозиметрів представлені на Рис. 5.

Таблиця 2 – Характеристики дозиметричних служб, що взяли участь у Першому національному інтеркалібруванні

Тип служби ІДК	Кількість служб ІДК	Кількість персоналу категорії А на ІДК:			Загальне число клієнтів/відокремлених підрозділів	Максимальна кількість персоналу в одного клієнта	Мінімальна кількість персоналу в одного клієнта
		Загалом	Щоквартальний контроль	Щомісячний контроль			
АЕС	4	13732	8074	5658	156	4100	1
Спеціалізовані підприємства ¹	3	12686	514	12172	183	2041	2
Санепідслужба	4	2353	2353	0	305	98	1
Лікувальні заклади	2	326	326	0	2	200	126
Дослідні інститути	4	7751	7728	23	783	175	1
Інше	1	623	623	0	74	114	1

¹Включаючи ЧАЕС (разом із «Об'єктом «Укриття»), Зону відчуження, ВП Аварійно-технічний центр ДП НАЕК «Енергоатом»



Рисунок 5 – Зразки індивідуальних дозиметрів, що були представлені у Першому національному інтеркалібруванні

Номенклатура дозиметричних величин, що вимірюються лабораторіями ІДК здебільшого обмежується еквівалентом індивідуальної дози $H_p(10)$ від проникного фотонного (гамма-/рентгенівського) випромінювання. Окремі лабораторії повідомили про атестацію на право вимірювання доз нейтронного випромінювання та еквівалентних доз на кінцівки та шкіру. Водночас, за винятком трьох лабораторій, учасники Інтеркалібрування не надіслали результатів вимірювання $H_p(0.07)$ з чого можна зробити висновок, що вимірювання доз на шкіру на регулярній основі не здійснюються. З цієї причини, показники якості визначення $H_p(0.07)$ не оцінювались у узагальнюючому аналізі результатів Інтеркалібрування, а у висновках лише констатувалось, що більшість лабораторій не здійснюють контроль доз на шкіру від слабопроникаючого випромінювання.

Метрологічні характеристики (точність, енергетична та кутова залежності відгуку, корисний діапазон доз) визначаються наступними факторами чи їх комбінацією (у дужках наведені варіанти, які реально зустрічались у лабораторіях-учасницях):

1. Принцип реєстрації поглиненої дози (термолюмінесцентний чи фотоплівковий).
2. Матеріал ТЛД детектора (LiF: Mg,Ti; LiF:Mg,Cu,P, Al₂O₃).
3. Конструкція корпусу дозиметра (касети, тримача) та використання фільтрів.
4. Тип та модель зчитувача дозиметрів (автоматичні: RADOS RE-2000, Harshaw 6600, Harshaw 8800, напівавтоматичний: ДВГ-02Т, ручні: КДТ-02М, ДТУ-01).
5. Спосіб метрологічного калібрування та повірки дозиметрів.

Крім того, значний (як показало Інтеркалібрування – визначний) вплив на результати має кваліфікація персоналу та внутрішньо лабораторні процедури (методики, програма контролю якості). Так, лабораторії, оснащені однотипним обладнанням показали радикально різні за якістю результати. Більш того, окремі лабораторії, що використовують морально застаріле обладнання показали кращі результати, ніж лабораторії, що використовують більш сучасні автоматичні чи напівавтоматичні дозиметричні системи. Порівняльному аналізу показників функціонування лабораторій-учасниць Інтеркалібрування присвячено окремий розділ цього документу.

4. ПРИКЛАД ТЛУМАЧЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ, ПОКАЗАНИХ ЛАБОРАТОРІЯМИ-УЧАСНИЦЯМИ ПЕРШОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ІНТЕРКАЛІБРУВАННЯ

Результати лабораторій-учасниць Інтеркалібрування було опрацьовано та представлено у табличному та графічному вигляді у звітах окремо по кожній з лабораторій. Кожна лабораторія отримала ці матеріали у вигляді додатку до сертифікату про результати. Крім того, у розгорнутому вигляді результати кожної з лабораторій доступні на сайтах Держатомрегулювання та ННЦРМ.

З метою пояснення змісту та інформаційного навантаження представлених матеріалів наведемо тлумачення результатів на прикладі однієї лабораторії, яка показала високу якість ІДК - лабораторії індивідуального дозиметричного контролю цеху радіаційної безпеки ВП «Хмельницька АЕС» ДП НАЕК «Енергоатом». Для ілюстрації також представимо окремі результати менш успішних лабораторій, а також, надамо інші необхідні коментарі до результатів, отриманих у Інтеркалібруванні.

Додаток до сертифікату про участь у Першому національному інтеркалібруванні складається з кількох розділів.

Першим розділом є інформація про учасника у наступному обсязі:

- Повна юридична назва учасника: ВП «Хмельницька АЕС» ДП НАЕК "Енергоатом", лабораторія індивідуального дозиметричного контролю ЦРБ"
- Місце знаходження (населений пункт): Нетішин
- Коротка назва (на діаграмах та графіках): ХАЕС
- Код учасника: 24
- Додатковий код при опроміненні дозиметрів: 08
- Галузі використання ДІВ, у яких здійснюється ІДК: атомна енергетика
- Принцип вимірювання доз: термолюмінесцентна дозиметрія
- Тип приладу, що використовується для ІДК: ТЛД система "HARSHAW" модель 6600 PLUS

Цей розділ містить повну назву, яку відображено у сертифікаті про результати участі в Інтеркалібруванні, а також скорочену назву для відображення на діаграмах, графіках та у таблицях. Також представлені унікальний номер (код, присвоєний при реєстрації) та додатковий код (присвоєний за певним алгоритмом для використання при контрольному опроміненні).

Інформацію, представлену у першому розділі, сформовано на основі даних електронної реєстраційної форми та погоджено із кожним з учасників.

У наступному розділі представлена у табличному (Табл. 3) та графічному (Рис. 6) вигляді хронологія участі лабораторії у Інтеркалібруванні. З рисунку видно, що попередня реєстрація учасника № 24 відбулася із певним запізненням, решта етапів виконувалась вчасно, у межах запланованого графіку. Для окремих учасників відмічалися певні відхилення від графіку, які були відображені у означених таблиці та рисунку для цих лабораторій. Зокрема, дві лабораторії мали ускладнення із вчасним здійснення вимірювань та наданнями результатів координаторові для фіксації. Відтак, фактичний термін отримання значень номінальних доз контрольного опромінення від метрологічних лабораторій було подовжено на 13 днів.

Таблиця 3 – Хронологія дій учасника № 24

№	Дія учасника або координатора	Дата
1	Надходження реєстраційної форми у електронному вигляді	27.08.2014
2	Надходження твердої копії реєстраційної форми	02.09.2014
3	Надходження дозиметрів для опромінення	02.09.2014
4	Відсилання дозиметрів учасникові для зчитування	08.10.2014
5	Надходження таблиці результатів у електронному вигляді	17.10.2014
6	Надходження твердої копії таблиці результатів	29.10.2014
7	Відсилання попереднього протоколу результатів	7.11.2014

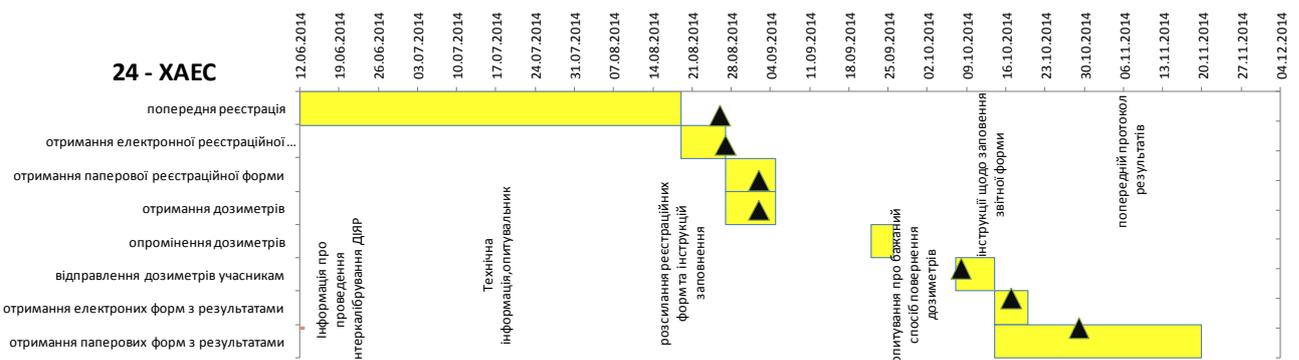


Рисунок 6 – Хронологія основних подій, пов'язаних із участю в Інтеркалібруванні. Затіненими прямокутниками показана тривалість окремих етапів інтеркалібрування. Чорними трикутниками показані моменти окремих подій для даного учасника. Вертикальні надписи відображають повідомлення від координатора інтеркалібрування

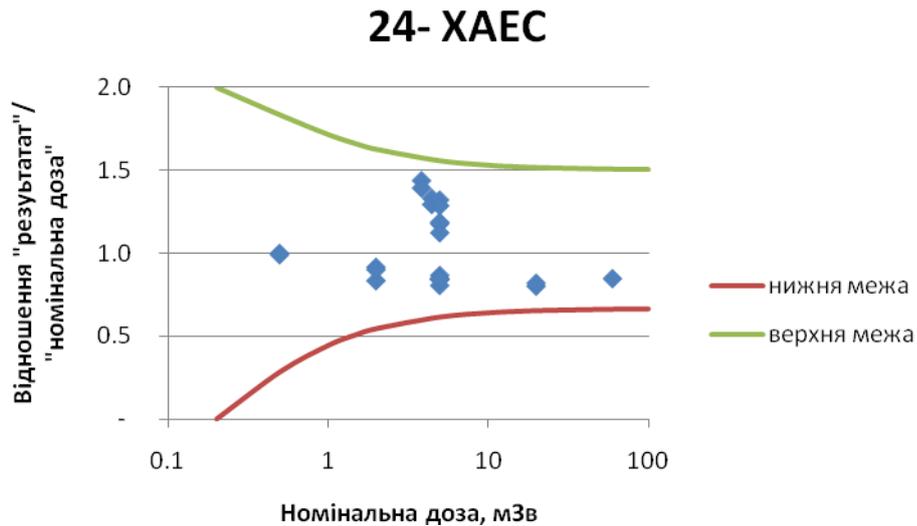


Рисунок 7 – Результати учасника (відношення «результат»/ «номінальна доза») в порівнянні з критерієм стандарту ISO 14146 (допустимі межі відхилення з $p=0.9$)

Наступний розділ звіту містить деталізацію показників, наведених на Рис. 7, а також на їх підставі однозначно формулює чи відповідає лабораторія критеріям якості стандарту ISO 14146 (ТАК чи НІ).

Результати по всіх якостях опромінення

Всього опромінено дозиметрів: 24
 Всього отримано результатів: 24
 Всього задовольняє критерію ISO 14146: 24
 Відсоток результатів, що задовольняє критерію (допускається не менше 90%): 100%

Чи відповідає лабораторія критеріям якості ISO 14146: ТАК

Результати окремо для серії S-Cs

Всього опромінено дозиметрів: 12
 Всього отримано результатів: 12
 Задовольняє критерію ISO 14146: 12
 Відсоток результатів, що задовольняє критерію: 100%

Відносна випадкова похибка вимірювання еквівалентної дози на джерелі S-Cs (доза 5 мЗв): 0.2%
 Відносна систематична похибка вимірювання еквівалентної дози на джерелі S-Cs (доза від 0.5 до 60 мЗв): 13.0%
 Середній калібрувальний коефіцієнт на джерелі S-Cs (доза від 0.5 до 60 мЗв): 0.87

Наведені окремо результати для дозиметрів, опромінених на джерелі S-Cs потребують окремого коментаря. Так, можна констатувати, що потрапляння точок, які відповідають опроміненню на джерелі S-Cs до «труби допусків» є необхідною, але не достатньою умовою виконання критерію ISO 14146 для всіх точок (для всього розмаїття умов опромінення). Це означає, що якщо не відмічається відповідності результатів для цих точок, годі сподіватись на відповідність результатів для дозиметрів, які були опромінені у різних, в тому числі – більш «складних» умовах.

Слід підкреслити, що перевірка відповідності стандарту ISO 14146 окремо для дозиметрів, опромінених на джерелі S-Cs не має практичних наслідків, однак дозволяє отримати додаткову інформацію для більш розгорнутої інтерпретації результатів Інтеркалібрування. Саме з цієї точки зору слід трактувати наведені нижче результати окремо для серії S-Cs.

Відзначимо, що джерело S-Cs є показовим з кількох причин. По-перше, опромінення достатньо жорстким гамма-випромінюванням ($E=662$ keV) є дуже сприятливим («простим») для визначення доз за допомогою поширених типів дозиметрів й дозиметричних систем та, відповідно, точне визначення доз не повинно викликати методичних утруднень. Ця «простота» вимірювання доз від опромінення джерелом S-Cs усуває ймовірний вплив різних модифікуючих факторів, які можуть ускладнювати інтерпретацію результатів Інтеркалібрування.

По-друге, метрологічне калібрування систем індивідуального дозиметричного контролю зазвичай здійснюється з використанням саме цього ізотопного джерела каліброваного опромінення. Таким чином, при коректному калібруванні дозиметричної системи, що розглядається, відношення R повинно в середньому дорівнювати 1. Відхилення від одиниці вказуватиме на систематичну похибку вимірювань, очевидно, пов'язану із неоптимальним калібруванням усієї дозиметричної системи. Слід, відзначити, що з міркувань найкращого функціонування у різнопланових умовах опромінення, можливе навмисне введення певних коригуючих (поправочних) коефіцієнтів, однак використання таких коефіцієнтів повинно бути чітко регламентовано, наприклад, у відповідних методичних документах лабораторії.

Далі у звіті наводиться оцінка окремих кількісних показників, що характеризують дозиметричні властивості дозиметричної системи та були продемонстровані під час участі в Інтеркалібруванні. Для цього також використовуються результати, що відповідають опроміненню на джерелі S-Cs із різними дозами – 12 точок із загальної кількості 24.

Додатково, використання серії з 4-х точок із однаковою дозою дозволяє також оцінити дисперсію результатів, а відтак – відносну випадкову похибку вимірювання $H_p(10)$, яка характеризує відтворюваність результатів лабораторії. Так, для учасника № 24 відносна випадкова похибка вимірювання еквівалентної дози на джерелі S-Cs

при опроміненні дозою 5 мЗв становить лише 0.2%, що є винятково хорошим результатом (зазвичай така похибка може становити до одиниць відсотків). Водночас, з наведених даних видно, що для дозиметричної системи учасника № 24 характерне систематичне заниження результатів на 13%.

Очевидно, тут спостерігається певне протиріччя між вимогою стандарту ISO 14146 (потрапляння результатів до «труби допусків» у широкому діапазоні доз та умов опромінення) та практичним запитом на отримання незміщених оцінок доз, які отримує персонал категорії А при професійному опроміненні. Розв'язання цієї дилеми не є предметом Інтеркалібрування (де єдиним формальним критерієм для оцінювання спроможності лабораторії були вимоги стандарту ISO 14146), тому виявлені відхилення калібрувального коефіцієнту носить референтний характер та можуть стати у пригоді як підстава для міркувань лабораторії-учасниці відносно оптимізації метрологічного забезпечення ІДК.

Наступним елементом звіту про результати учасника є первинний протокол вимірювань із додаванням значень номінальних доз (Табл. 4). Власне, цей протокол у вигляді зведеної таблиці результатів учасника був направлений кожному з учасників для ознайомлення та фіксації відсутності технічних помилок та невідповідностей. Усі учасники Інтеркалібрування підтвердили коректність зведених таблиць їхніх результатів.

У таблиці для кожної з точок вказано у якій з двох метрологічних лабораторій здійснювалось контрольне опромінення. Результати дозиметрів, які не піддавались контрольному опроміненню (фоново-транспортні) марковані як фон із позначкою, до якої з метрологічних лабораторій транспортувався цей дозиметр. Видно, що до лабораторії 1 (Бельгійський центр ядерних досліджень SCK-CEN) транспортувались 5 фоново-транспортних дозиметрів, для лабораторії 2 (ДП «Київоблстандартметрологія») був виділений лише один фоновий дозиметр. Такий розподіл транспортно-фонових дозиметрів між двома метрологічними лабораторіями був справедливий для усіх лабораторій-учасниць Інтеркалібрування, крім учасника № 41, який не надав фонових дозиметрів взагалі.

Таблиця 4 – Зведена таблиця результатів учасника № 24 та номінальних доз³

Штрихкод дозиметра	Заводський номер дозиметра	Вид опромінення, серія ISO – кут падіння	Величина	Результат учасника, мЗв	Номінальна доза, мЗв	Відношення "результат" / "номінальна доза"
80108	0012224	S-Cs, 0° лаб.1	Hp(10)	1,66	2,00	0,83
			Hp(0.07)	1,74	1,88	0,92
30208	0013231	S-Co, 0° лаб.1	Hp(10)	4,31	5,00	0,86
			Hp(0.07)	4,44	4,91	0,90
50308	0013285	S-Cs, 0° лаб.1	Hp(10)	0,50	0,50	1,00
			Hp(0.07)	0,52	0,47	1,12
70408	0011770	N-60, 45° лаб.1	Hp(10)	5,92	4,45	1,33
			Hp(0.07)	5,72	4,52	1,27
70508	0013619	S-Cs, 0° лаб.1	Hp(10)	1,82	2,00	0,91
			Hp(0.07)	1,70	1,88	0,90
00608	0012758	S-Cs, 0° лаб.1	Hp(10)	0,49	0,50	0,99
			Hp(0.07)	0,51	0,47	1,08
50708	0011312	S-Cs, 0° лаб.2	Hp(10)	1,79	2,00	0,90
			Hp(0.07)	1,96	-	-
30808	0011177	N-60, 45° лаб.1	Hp(10)	5,76	4,45	1,29
			Hp(0.07)	5,64	4,52	1,25
70908	0012553	N-60, 0° лаб.1	Hp(10)	5,87	5,00	1,17
			Hp(0.07)	6,48	4,70	1,38
61008	3000071	N-60, 60° лаб.1	Hp(10)	5,53	3,85	1,44
			Hp(0.07)	5,00	4,30	1,16
81108	0012198	S-Cs, 0° лаб.2	Hp(10)	50,55	60,00	0,84
			Hp(0.07)	54,32	-	-
61208	0012490	S-Cs, 0° лаб.1	Hp(10)	4,21	5,00	0,84
			Hp(0.07)	4,11	4,71	0,87

3

Умовні позначення та скорочення:

Джерела випромінювання (ISO-4037)

N-40: Рентгенівське випромінювання, серія вузького спектра, $\bar{E}=33$ кеВ

N-60: Рентгенівське випромінювання, серія вузького спектра, $\bar{E}=48$ кеВ

S-Cs: Джерело ^{137}Cs , $\bar{E}=662$ кеВ

S-Co: Джерело ^{60}Co , $\bar{E}=1250$ кеВ

0°, 45°, 60°: Кути падіння випромінювання

лаб.1: Калібрувальна лабораторія №1

лаб.2: Калібрувальна лабораторія №2

Продовження Таблиці 4.

Штрихкод дозиметра	Заводський номер дозиметра	Вид опромінення, серія ISO – кут падіння	Величина	Результат учасника, мЗв	Номінальна доза, мЗв	Відношення "результат" / "номінальна доза"
21308	0012934	N-60, 0° лаб.1	Hp(10)	5,92	5,00	1,18
			Hp(0.07)	6,00	4,70	1,28
81408	0011552	N-60, 60° лаб.1	Hp(10)	5,36	3,85	1,39
			Hp(0.07)	5,06	4,30	1,18
71508	0013282	S-Cs, 0° лаб.1	Hp(10)	4,20	5,00	0,84
			Hp(0.07)	4,66	4,71	0,99
81608	0011995	S-Cs, 0° лаб.1	Hp(10)	15,94	20,00	0,80
			Hp(0.07)	15,92	18,84	0,84
01708	0013156	S-Cs, 0° лаб.1	Hp(10)	4,19	5,00	0,84
			Hp(0.07)	4,20	4,71	0,89
71808	3000292	S-Co, 0° лаб.1	Hp(10)	4,01	5,00	0,80
			Hp(0.07)	4,20	4,91	0,86
71908	0013466	N-40, 0° лаб.1	Hp(10)	6,60	5,00	1,32
			Hp(0.07)	7,01	5,43	1,29
72008	0011234	N-40, 0° лаб.1	Hp(10)	6,42	5,00	1,28
			Hp(0.07)	7,88	5,43	1,45
12108	0013707	N-60, 0° лаб.1	Hp(10)	5,60	5,00	1,12
			Hp(0.07)	5,97	4,70	1,27
22208	0011305	S-Cs, 0° лаб.1	Hp(10)	16,31	20,00	0,82
			Hp(0.07)	16,82	18,84	0,89
42308	0011633	S-Co, 0° лаб.1	Hp(10)	4,20	5,00	0,84
			Hp(0.07)	3,93	4,91	0,80
32408	0011313	S-Cs, 0° лаб.1	Hp(10)	4,20	5,00	0,84
			Hp(0.07)	4,39	4,71	0,93
12508	3000393	фон, лаб.1	Hp(10)	0,10	фон 1	-
			Hp(0.07)	0,13	фон 1	-
12608	0011581	фон, лаб.1	Hp(10)	0,11	фон 1	-
			Hp(0.07)	0,10	фон 1	-
32708	3000249	фон, лаб.1	Hp(10)	0,11	фон 1	-
			Hp(0.07)	0,09	фон 1	-
62808	3000286	фон, лаб.1	Hp(10)	0,08	фон 1	-
			Hp(0.07)	0,08	фон 1	-
72908	0012736	фон, лаб.1	Hp(10)	0,10	фон 1	-
			Hp(0.07)	0,09	фон 1	-
13008	0013073	фон, лаб.2	Hp(10)	0,10	фон 2	-
			Hp(0.07)	0,10	фон 2	-

Наступна таблиця звіту (Табл. 5) містить результати учасника для визначення дози проникаючого випромінювання $H_p(10)$, які для більшої наочності згруповані у серії, що відповідають окремим умовам опромінення (якість випромінювання згідно ISO 4037, кут опромінення, доза). Також, кожен окремий результат оцінюється на відповідність стандарту ISO 14146 (потрапляння до «труби допусків»). Слід відзначити, що у цій таблиці наведені тільки результати дозиметрів, що отримали контрольне опромінення (показання фоново-транспортних дозиметрів не включені), тобто для кожної з лабораторій-учасниць ця таблиця містить 24 рядки.

Графічне представлення результатів учасника висвітлює різні аспекти функціонування дозиметричного обладнання. Рис. 8 відображає потрапляння окремих результатів учасника в «трубу допусків» у розрізі умов опромінення. Графік такого типу для учасника № 24 не є вельми показовим, оскільки незалежно від умов опромінення усі результати цього учасника потрапляють до «труби допусків».

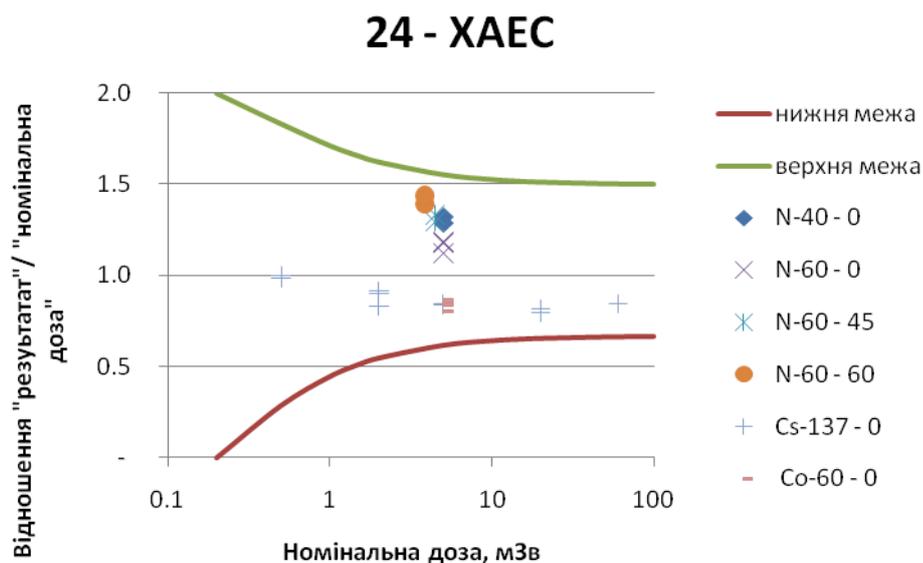


Рисунок 8 – Деталізація результатів учасника № 24 (відношення «результат»/ «номінальна доза») в порівнянні з критерієм стандарту ISO 14146 в залежності від умов опромінення (номінальна доза, якість ISO 4037, кут падіння)

Таблиця 5 – Показники учасника № 24 в залежності від якості опромінення

Якість опромінення, серія ISO	Кут падіння, градусів	Штрихкод дозиметра	Заводський номер дозиметра	Результат учасника, мЗв	Номінальна доза, мЗв	Відношення "результат" / "номінальна доза"	Чи задовольняє критеріям ISO14146
N-40	0	71908	0013466	6,60	5,00	1,32	так
N-40	0	72008	0011234	6,42	5,00	1,28	так
N-60	0	12108	0013707	5,60	5,00	1,12	так
N-60	0	21308	0012934	5,92	5,00	1,18	так
N-60	0	70908	0012553	5,87	5,00	1,17	так
N-60	45	30808	0011177	5,76	4,45	1,29	так
N-60	45	70408	0011770	5,92	4,45	1,33	так
N-60	60	81408	0011552	5,36	3,85	1,39	так
N-60	60	61008	3000071	5,53	3,85	1,44	так
S-Cs	0	50308	0013285	0,50	0,50	1,00	так
S-Cs	0	00608	0012758	0,49	0,50	0,99	так
S-Cs	0	70508	0013619	1,82	2,00	0,91	так
S-Cs	0	80108	0012224	1,66	2,00	0,83	так
S-Cs	0	50708	0011312	1,79	2,00	0,90	так
S-Cs	0	61208	0012490	4,21	5,00	0,84	так
S-Cs	0	71508	0013282	4,20	5,00	0,84	так
S-Cs	0	01708	0013156	4,19	5,00	0,84	так
S-Cs	0	32408	0011313	4,20	5,00	0,84	так
S-Cs	0	81608	0011995	15,94	20,00	0,80	так
S-Cs	0	22208	0011305	16,31	20,00	0,82	так
S-Cs	0	81108	0012198	50,55	60,00	0,84	так
S-Co	0	42308	0011633	4,20	5,00	0,84	так
S-Co	0	71808	3000292	4,01	5,00	0,80	так
S-Co	0	30208	0013231	4,31	5,00	0,86	так

Дещо інакше виглядають результати, наприклад, учасника № 42 (Рис. 9). Видно, що при опроміненні рентгенівським випромінюванням (серія N-60) під великими кутами деякі точки не потрапляють до «труби допусків» - при куті 60° обидва дозиметри показали недопустиме завищення дози, при куті 45° один з двох дозиметрів не задовольнив вимогу стандарту ISO 14146.

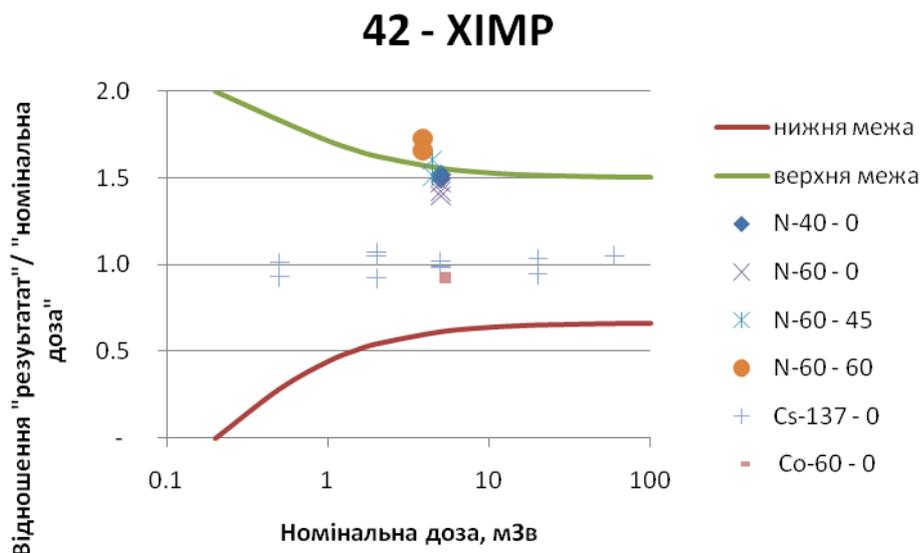


Рисунок 9 – Деталізація результатів учасника № 42 (відношення «результат»/ «номінальна доза») в порівнянні з критерієм стандарту ISO 14146 в залежності від умов опромінення (номінальна доза, якість ISO 4037, кут падиння)

Наступний рисунок у звіті по лабораторії містить середні значення параметру R в залежності від якості опромінення (Рис. 10). З рисунку видно, що для жорсткого гамма-випромінювання, результати лабораторії № 24 дещо занижують дійсну дозу опромінення, а при опроміненні серіями рентгенівського випромінювання відмічається помірно (в межах допустимого стандартом ISO 14146) завищення доз опромінення.

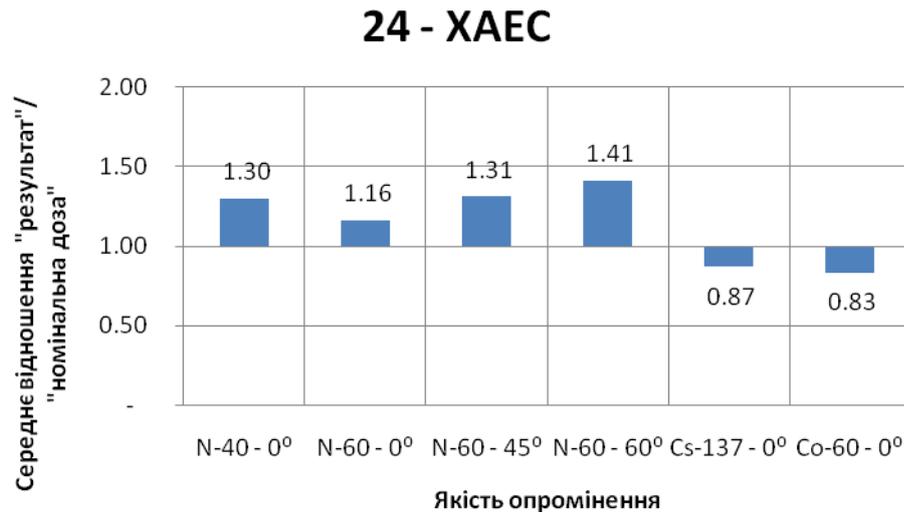


Рисунок 10 – Учасник № 24: середнє відхилення від номінальної дози (відношення дорівнює одиниці) в залежності від якості опромінення (серія ISO 4037 – кут падіння)

Показовим є порівняння із результатами іншого учасника (учасник № 51) – Рис. 11, який використовує подібну дозиметричну систему з такими саме дозиметрами: Harshaw 8814, матеріал ТЛД детекторів LiF:Mg,Ti. На відміну від учасника № 24, відповідність калібрування по еталону ^{137}Cs є практично ідеальною (систематичне відхилення становить лише 2%), але, через відмінність у калібруванні дозиметричної системи, для деяких якостей опромінення результати сильніше завищують номінальні дози, та подекуди окремі точки випадають за межі «труби допусків». Таке спостереження ілюструє раніше згадане протиріччя між потребою задовольнити вимоги стандарту ISO 14146 та прагненням отримувати незміщені оцінки доз персоналу (учасник № 51 продемонстрував формально гірші результати при кращому відповідності доз умовам калібрування на джерелі ^{137}Cs , а відтак більш точному визначенню доз жорсткого гамма-випромінювання). Це порівняння ілюструє вплив метрологічного забезпечення лабораторії (калібрувального коефіцієнту) на результати визначення індивідуальних доз персоналу категорії А.

Водночас, лабораторія № 50, що використовує більш сучасний матеріал ТЛД детекторів LiF:Mg,Cu,P, продемонструвала значно слабші енергетичну та кутову залежності показань дозиметрів (Рис. 12). Це порівняння демонструє вплив типу дозиметрів на результати визначення індивідуальних доз персоналу категорії А у широких межах умов опромінення.

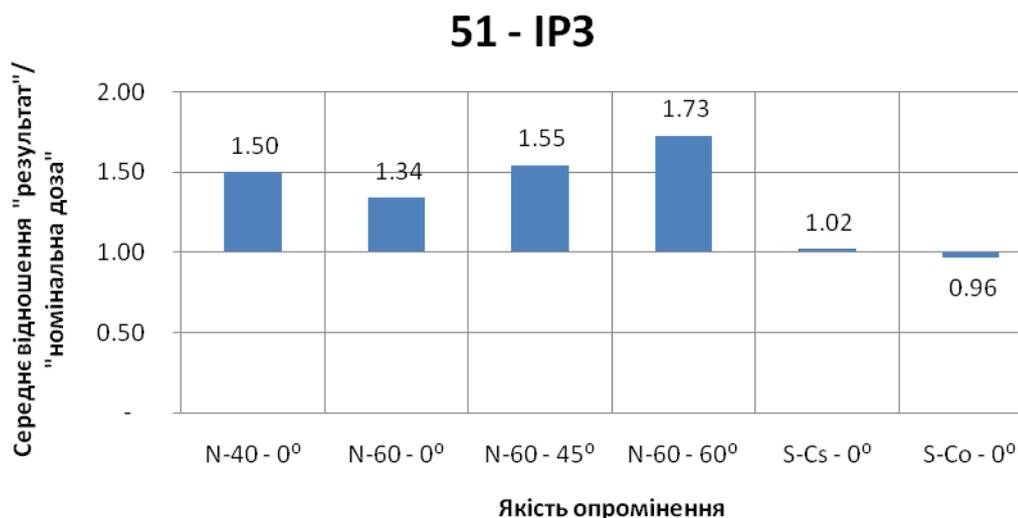


Рисунок 11 – Учасник № 51: середнє відхилення від номінальної дози (відношення дорівнює одиниці) в залежності від якості опромінення (серія ISO 4037 – кут падіння)

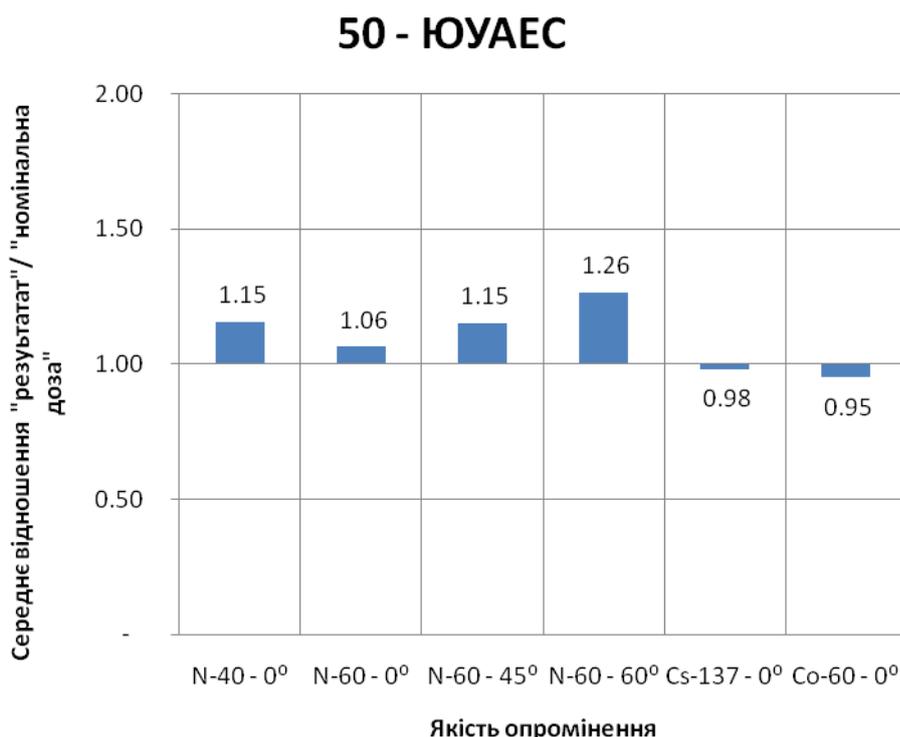


Рисунок 12 – Учасник № 50: середнє відхилення від номінальної дози (відношення дорівнює одиниці) в залежності від якості опромінення (серія ISO 4037 – кут падіння)

Наступний рисунок у звіті по лабораторії містить окремі значення параметру R в залежності від якості опромінення (Рис. 13). На додачу до енергетичних та кутових залежностей (Рис. 10-12), дані на цьому рисунку відображають дисперсію результатів, показаних при однакових умовах опромінення. З рисунку видно, що для будь-яких умов опромінення результати учасника № 24 добре відтворюються.

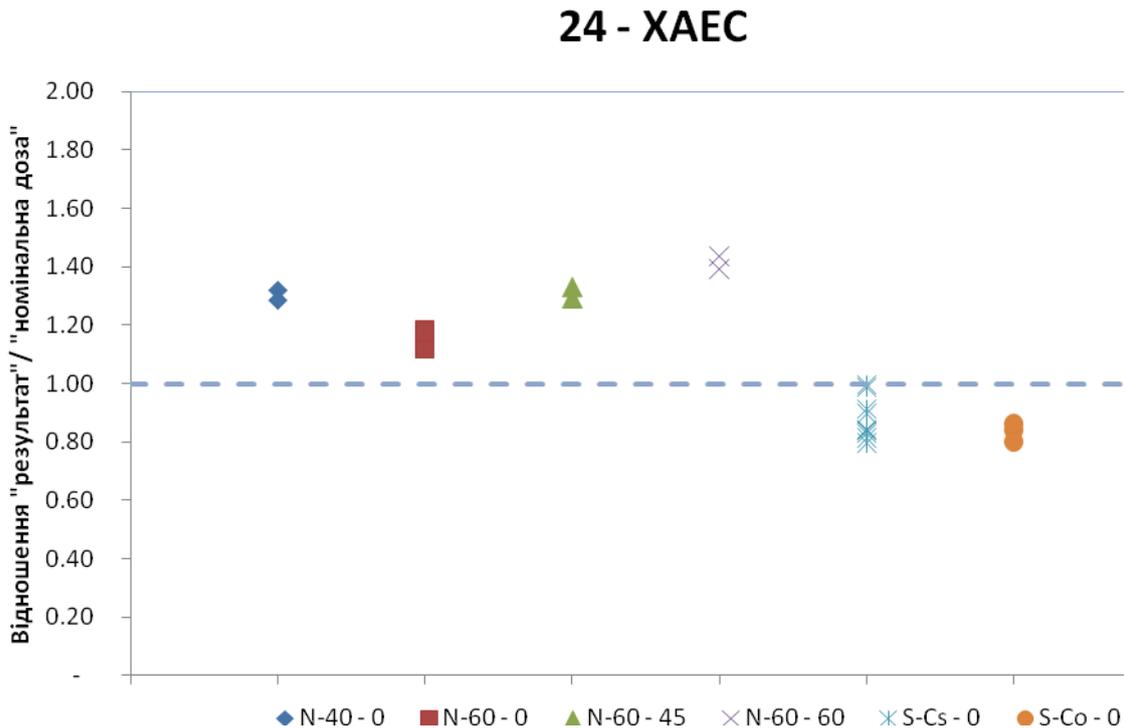


Рисунок 13 – Учасник № 24: показники учасника в залежності від якості опромінення (серія ISO 4037 – кут падіння) – індивідуальні результати для окремої якості

Для порівняння наведемо результати учасника № 31 (Рис. 14). З рисунку видно, що для жорсткого гамма випромінювання спостерігається висока дисперсія результатів (зокрема, у серії 4 вимірювань дозиметрів, опромінених на джерелі S-Cs при дозі 5 мЗв відносна випадкова похибка становить 37% - порівн. 0.2% для учасника № 24), а покази дозиметрів, опромінених на джерелах рентгенівського випромінювання взагалі не потраплять в масштаб стандартного графіку. В середньому ці дозиметри при опроміненні рентгенівським випромінюванням завищують дійсні дози від 3 до 4.35 разів. Такі величезні розкид (дисперсія) окремих

результатів та відхилення при опроміненні рентгенівським випромінюванням є неприпустимими. Не дивно, що лише 13 з 23 результатів⁴ (57%) відповідають вимогам стандарту ISO 14146 при мінімальній допустимій кількості відповідних результатів 90%. Якщо відсутність результату трактувати як неспроможність правильно визначити дозу, відсоток відповідних результатів становитиме 54% (13 з 24).

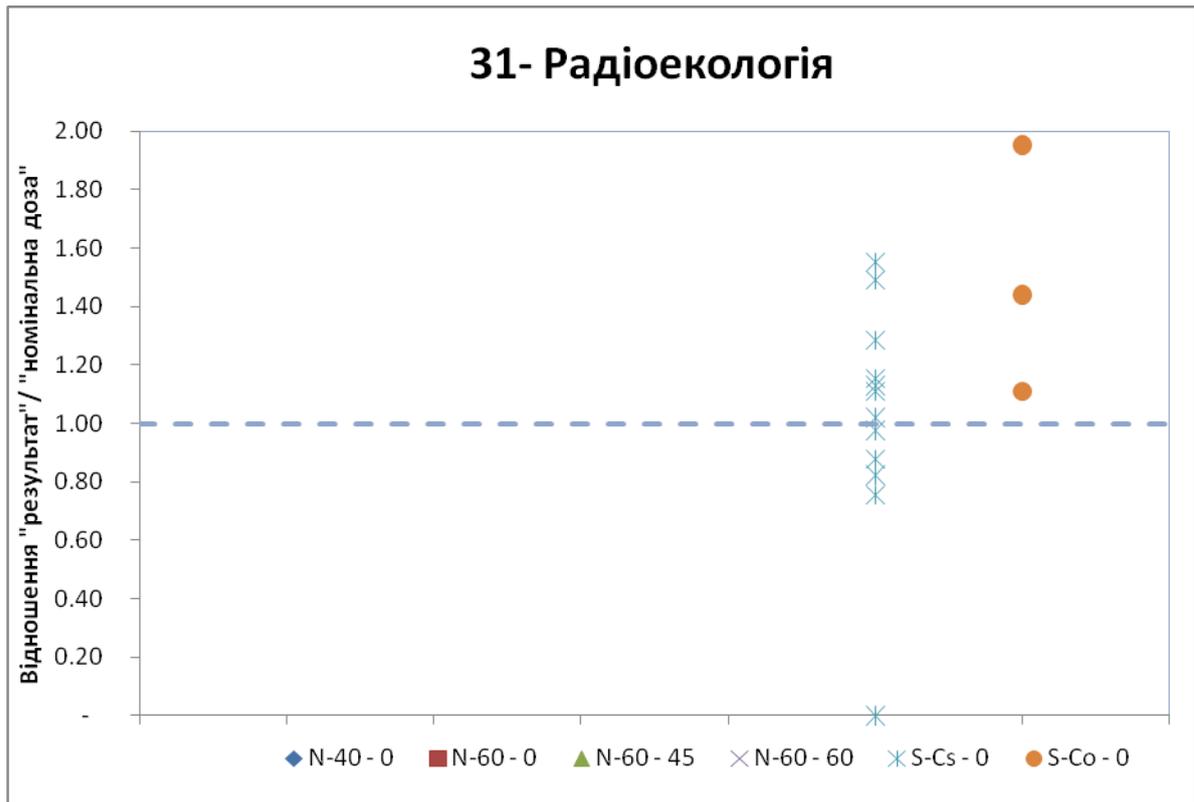


Рисунок 14 – Учасник № 31: показники учасника в залежності від якості опромінення (серія ISO 4037 – кут падіння) – індивідуальні результати для окремої якості

Іншим прикладом недопустимих відхилень від дійсних доз є результат учасника № 41 – Рис. 15. Вимірювання, які здійснює цей учасник Інтеркалібрування не тільки систематично занижують дози професійного опромінення персоналу категорії А, але й також є у край неточними (характеризуються високою дисперсією). Відтак критерію ISO 14146 відповідає лише 9 з 23 результатів⁵ (39% від виміряних або 38% від загальної кількості дозиметрів).

⁴ Учасник №31 не спромігся визначити дозу дозиметра, який було опромінено дозою 60 мЗв на джерелі S-Cs.

⁵ Учасник №41 не спромігся визначити дозу дозиметра, який було опромінено дозою 5 мЗв на джерелі S-Cs.

41 - КМОЦ

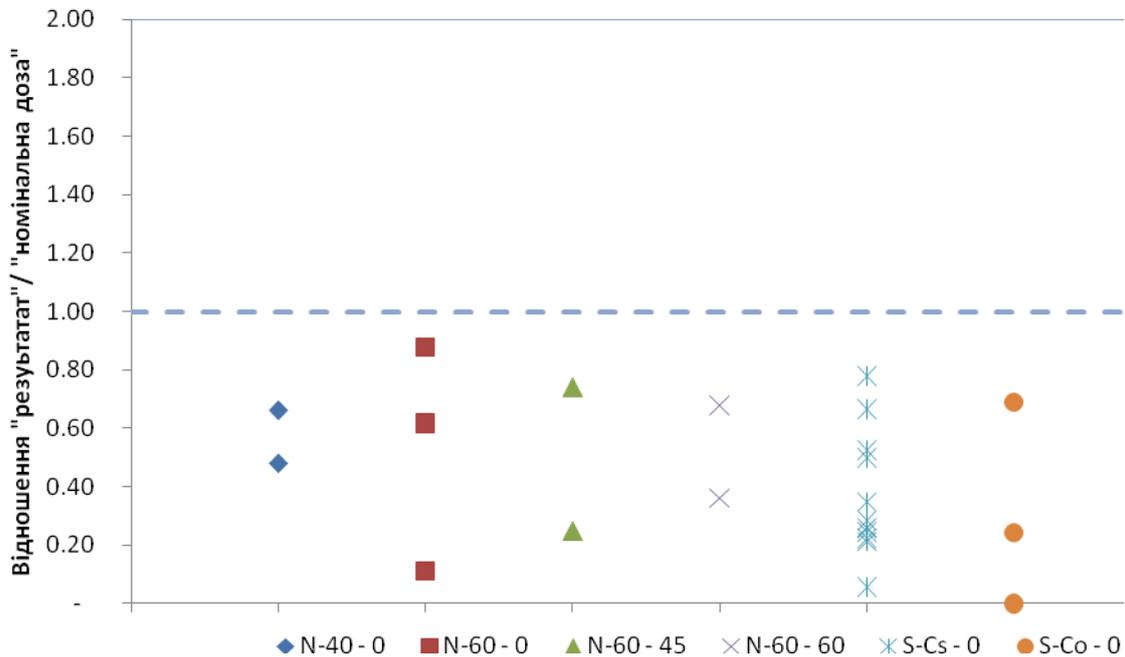


Рисунок 15 – Учасник № 41: показники учасника в залежності від якості опромінення (серія ISO 4037 – кут падіння) – індивідуальні результати для окремої якості

Наступний рисунок у звіті по лабораторії № 24 (Рис. 16) узагальнено ілюструє спроможність лабораторій коректно визначати дози при всьому розмаїтті умов опромінення (різні дози, якості випромінювання, кути опромінення). Слід зважити на подвійний логарифмічний масштаб осей графіка, який візуально нівелює помірні відхилення – тільки дуже істотні відхилення від лінії точного збігу виміряних та номінальних доз є очевидними. Приклади таких значних відхилень наведені на Рис. 17 (учасник 31), Рис. 18 (учасник 41) та Рис. 19 (учасник 46).

Результати, продемонстровані учасником № 46 є досить показовими. Під час реєстрації учасник повідомив, що його зчитувач ТЛД дозиметрів знаходиться в ремонті (заміна фотоелектронного підсилювача), але до початку контрольних опромінь буде відремонтований, а відтак, лабораторія візьме участь у Інтеркалібруванні. Після повернення зчитувача з ремонту він був перевірений (очевидно, недостатньо ретельно) та дозиметрична лабораторія надала дозиметри для проведення контрольного опромінення. Порівняння результатів визначення доз із номінальними дозами виявилось невтішним – через значне завищення, жоден з результатів не потрапив до «труби допусків». Водночас, більш детальне вивчення результатів, продемонстрованих учасником № 46 показало наявність систематичного

завищення усіх результатів приблизно у 6 разів, а решта показників (енергетична та кутова залежності – Рис. 20, дисперсія результатів для ідентичних умов опромінення – Рис. 21) відповідають середнім показникам такого типу обладнання. Такий результат наочно свідчить про важливість контролю функціонування вимірювального обладнання, особливо перевірки метрологічних характеристик після ремонту чи суттєвої зміни режимів функціонування.

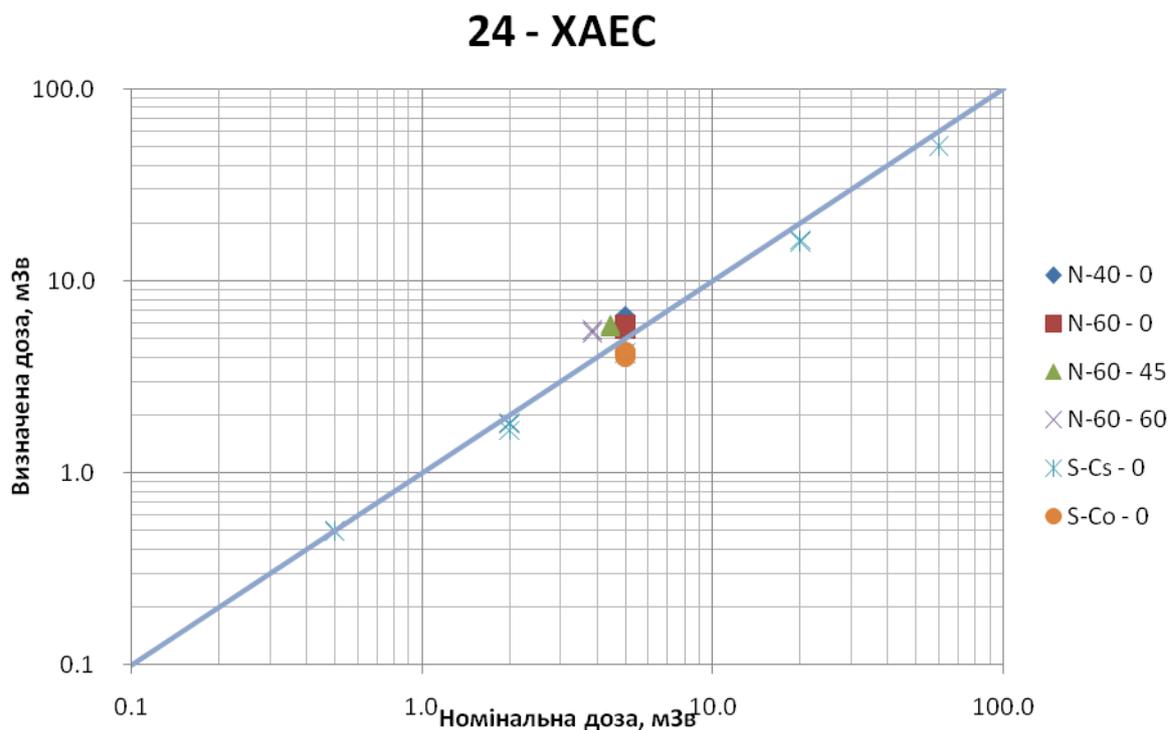


Рисунок 16 – Учасник № 24: відповідність результатів учасника номінальним дозам

31- Радіоекологія

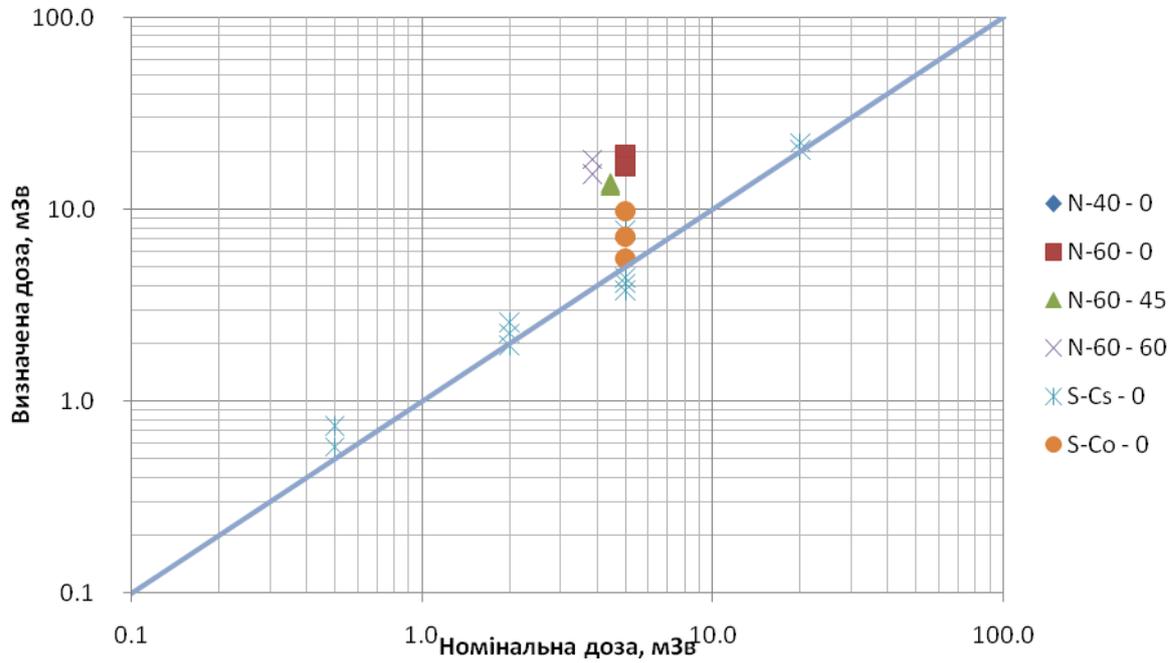


Рисунок 17 – Учасник № 31: відповідність результатів учасника номінальним дозам

41 - КМОЦ

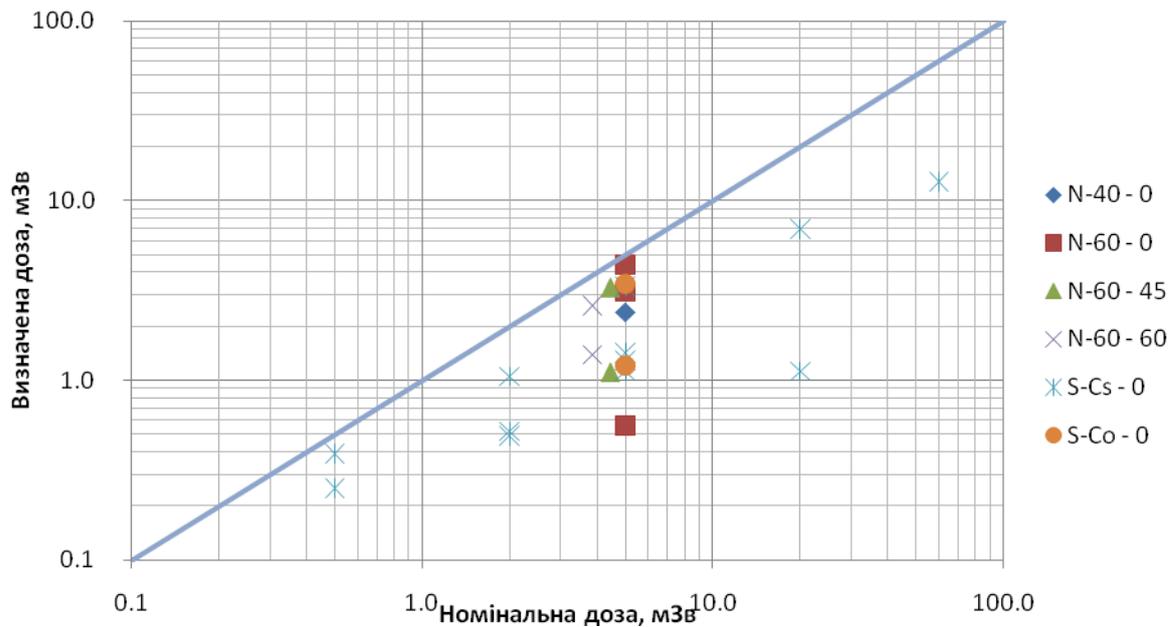


Рисунок 18 – Учасник № 41: відповідність результатів учасника номінальним дозам

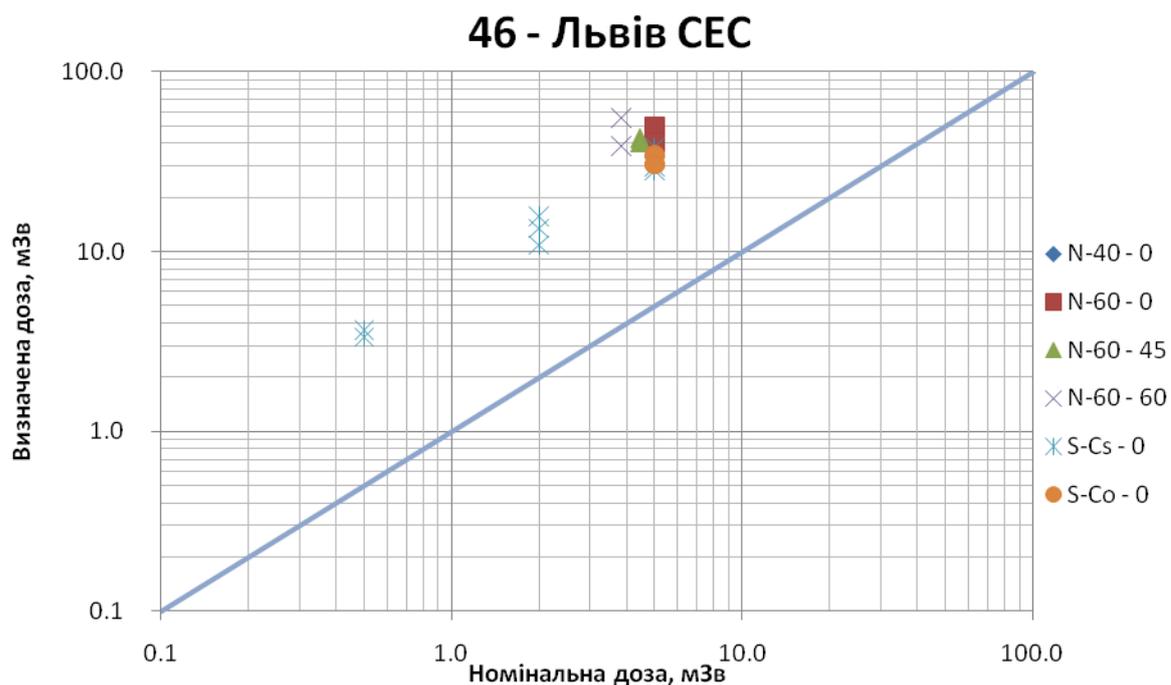


Рисунок 19 – Учасник № 46: відповідність результатів учасника номінальним дозам

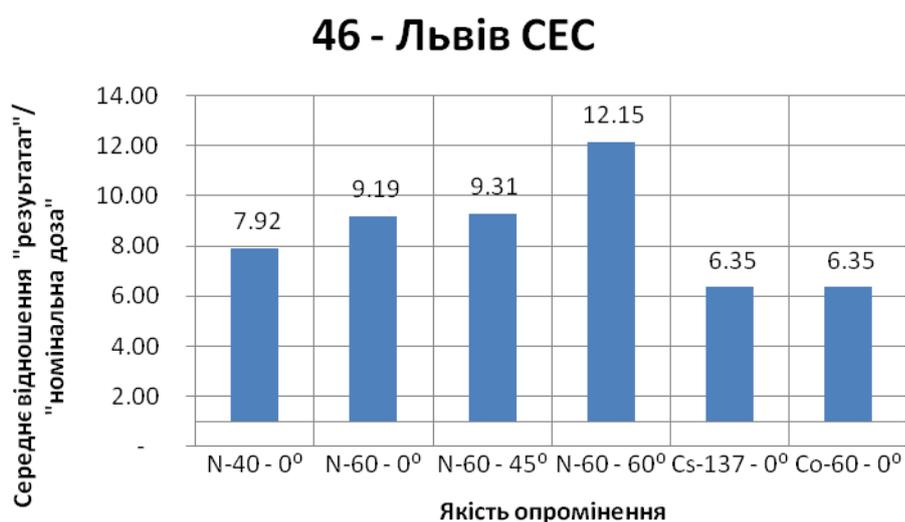


Рисунок 20 – Учасник № 46: середнє відхилення від номінальної дози (відношення дорівнює одиниці) в залежності від якості опромінення (серія ISO 4037 – кут падіння)

46 - Львів СЕС

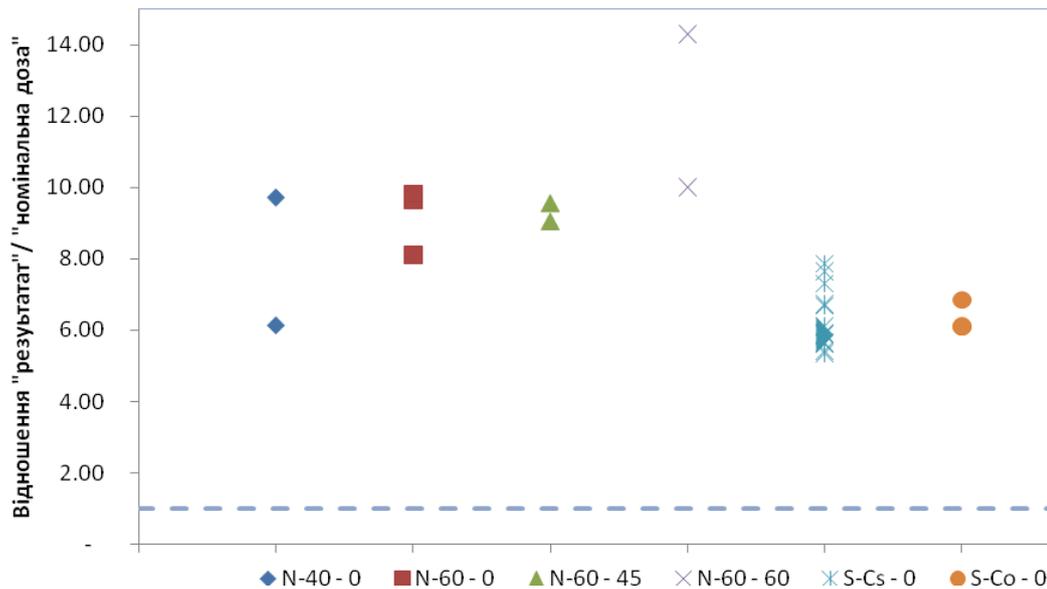


Рисунок 21 – Учасник № 46: показники учасника в залежності від якості опромінення (серія ISO 4037 – кут падіння) – індивідуальні результати для окремої якості

Останній графік зі звіту по лабораторії (Рис. 22) ілюструє лінійність відгуку дозиметричної системи у широкому діапазоні доз. На практиці дозиметрична система повинна бути спроможною визначати дози у діапазоні від рівня реєстрації (наприклад, 1/12 чи 1/4 від 1 мЗв для щомісячного чи щоквартального моніторингу) до ймовірних клінічно значущих доз аварійного опромінення (до 10 Гр). З практичних міркувань організації контрольного опромінення, дизайном Інтеркалібрування передбачалося опромінення дозиметрів у дещо вужчому діапазоні: від 0.5 до 60 мЗв. З Рис. 22 видно, що дозиметрична система учасника № 24 забезпечує лінійність відгуку індивідуальних дозиметрів у цьому діапазоні доз.

Здебільшого, для дозиметричних систем на основі ТЛД лінійність відгуку не становить проблеми, однак, для фото плівкових систем (учасник № 21) характерним є досить вузький динамічний діапазон доз, що можуть вимірюватись. Цю властивість наочно демонструє Рис. 23. Видно, що як при низьких (0.5 мЗв) та і при високих (60 мЗв) дозах ця дозиметрична система суттєво занижує дози опромінення, а при дозах вищих за 20 мЗв виходить на насичення (тобто, усі дози, вищі за 20 мЗв можуть визначатися лише якісно як «доза перевищує 20 мЗв»). Така властивість фото плівкової дозиметричної системи є принциповою вадою, яка не дозволяє визначати дози аварійного опромінення чи, більш загально, дози, вищі за річний ліміт дози НРБУ-97.

24 - ХАЕС

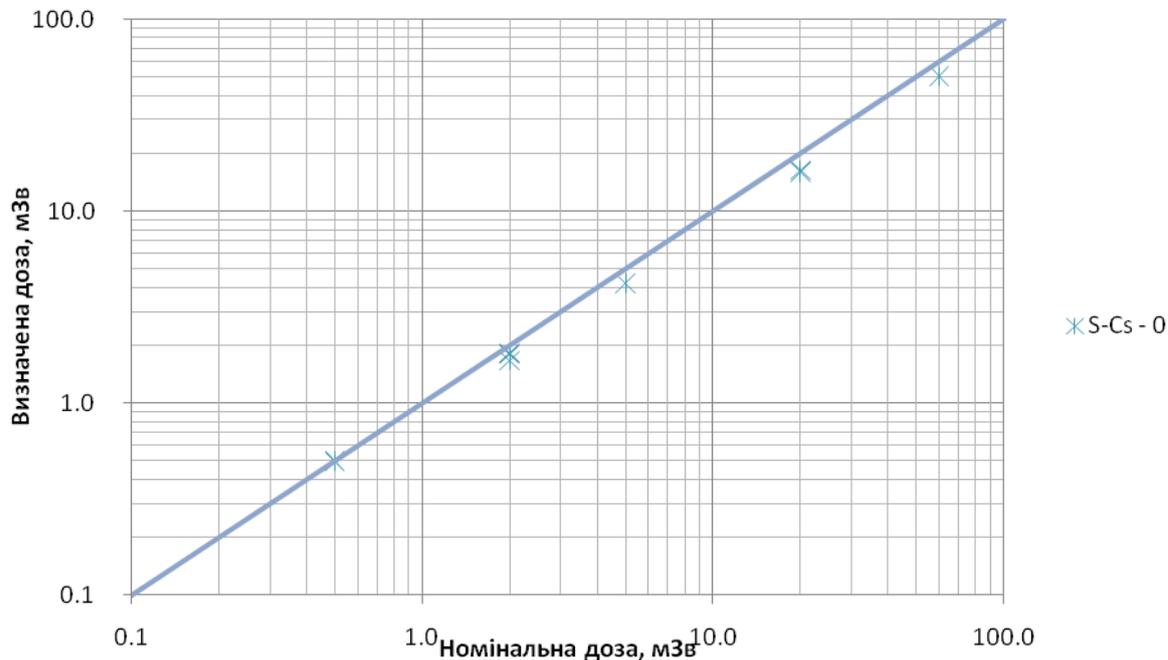


Рисунок 22 – Учасник № 24: лінійність відгуку дозиметричної системи в діапазоні доз 0.5 – 60 мЗв (джерело S-Cs)

21 - ІЯД

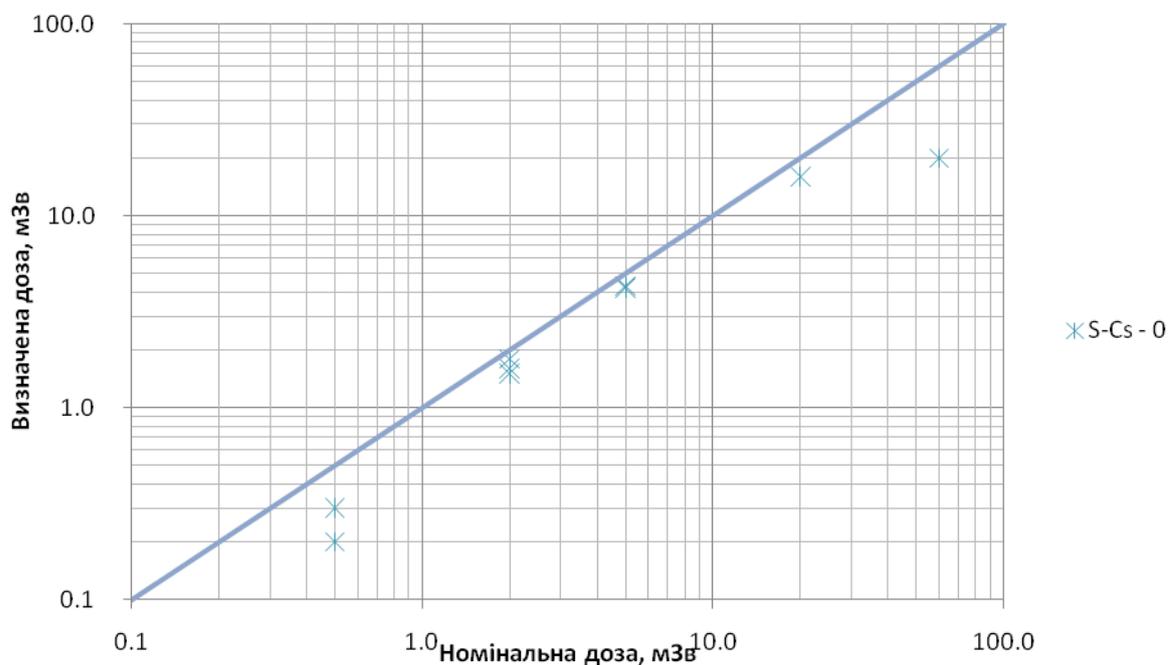


Рисунок 23 – Учасник № 21: лінійність відгуку дозиметричної системи в діапазоні доз 0.5 – 60 мЗв (джерело S-Cs)

5. УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ, ПОКАЗАНИХ ЛАБОРАТОРІЯМИ ІДК В ІНТЕРКАЛІБРУВАННІ

Результати, що характеризують функціонування кожної з лабораторій-учасниць Інтеркалібрування, були проаналізовані та представлені за наведеною вище схемою. Окрім детального аналізу результатів окремих лабораторій, практичне значення мають також узагальнені відомості, які представлені нижче у вигляді таблиць зведених результатів. У Табл. 5 приведені основні результати учасників, які є відсортованими за відсотком результатів, що задовольняють критерію стандарту ISO 14146 (потрапляють до «труби допусків»). Серед учасників з однаковим показником подальше сортування здійснене за величиною випадкової відносної похибки. Крім того, в таблиці наведені середні калібрувальні коефіцієнти при опроміненні на джерелі S-Cs. Ці три параметри характеризують поточний стан відповідності стандарту ISO 14146 та, певною мірою, відображають потенціал для поліпшення результатів і приведення їх у відповідність до стандарту. Так, ті лабораторії, які показують високу відтворюваність результатів (низьку відносну випадкову похибку), мають значний потенціал для поліпшення результатів через коригування калібрувальних коефіцієнтів чи звуження робочого діапазону умов опромінення (наприклад, вимірювання лише доз персоналу категорії А, який зазнає опромінення заздалегідь відомого енергетичного спектру – тільки гамма- чи тільки рентгенівського - із введення необхідних коригувальних коефіцієнтів у калібрування дозиметричної системи). Ті ж з лабораторій, які відзначені великим розкидом результатів, не зможуть так легко скоригувати свою функціональність, а відтак ймовірність швидкого приведення результатів у відповідність до стандарту є примарною. Велика дисперсія результатів може бути як наслідком неадекватних лабораторних процедур, так і бути спричиненою неповною справністю вимірювального обладнання (наприклад, нестабільність нагріву чи підвищений рівень шумів у вимірювальних трактах).

Таблиця 5 – Зведені результати всіх учасників.

Кодовий номер учасника	Коротка (умовна) назва	Повна назва підрозділу ІДК – учасника інтеркалібрування	Місце розташування	Відсоток результатів, що задовольняє критерію (допускається не менше 90%)	Відносна випадкова похибка вимірювання еквівалентної дози	Середній калібрувальний коефіцієнт на джерелі S-Cs
Лабораторії, що задовольняють вимогам стандарту ISO 14146						
24	ХАЕС	ВП «Хмельницька АЕС», лабораторія індивідуального дозиметричного контролю цеху радіаційної безпеки	Нетішин	100%	0.2%	0.87
47	ЗАЕС	ВП «Запорізька АЕС», лабораторія радіаційної безпеки цеху радіаційної безпеки	Енергодар	100%	0.4%	1.07
40	АТЦ НАЕК	ВП «Аварійно-технічний центр» ДП НАЕК «Енергоатом», СРРДКтаД	Білогірська	100%	2.6%	1.09
34	ЧАЕС	ДСП «Чорнобильська АЕС», лабораторія індивідуального дозиметричного контролю цеху радіаційної безпеки	Славутич/ ЧАЕС	100%	3.2%	0.90
50	ЮУАЕС	ВП «Южноукраїнська АЕС», лабораторія індивідуального дозиметричного контролю, цех радіаційної безпеки	Южноукраїнськ	100%	4.6%	0.98
23	ЧАЕС	ДСП «Чорнобильська АЕС», лабораторія індивідуального дозиметричного контролю цеху радіаційної безпеки	Славутич/ ЧАЕС	100%	8.7%	1.10
44	Хмельницька СЕС ⁶	ДУ «Хмельницький обласний лабораторний центр Держсанепідслужби України»	Хмельницький	96%	5.5%	0.99
51	ІРЗ	АТ «НДІ РЗ АТН України»	Київ	92%	0.8%	1.02

⁶ Ця лабораторія спромоглася визначити лише 23 з 24 доз опромінення дозиметрів, однак, менше з тим, задовольнила формальним вимогам ISO 14146.

Продовження Таблиці 5.

Кодовий номер учасника	Коротка (умовна) назва	Повна назва підрозділу ІДК – учасника Інтеркалібрування	Місце розташування	Відсоток результатів, що задовольняє критерію (допускається не менше 90%)	Відносна випадкова похибка вимірювання еквівалентної дози	Середній калібрувальний коефіцієнт на джерелі S-Cs
Лабораторії, що не задовольняють вимогам стандарту ISO 14146						
42	XIMP	ДУ "Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва НАМН України", центральна лабораторія радіаційної гігієни медичного персоналу і пацієнтів	Харків	88%	1.7%	1.00
22	ННЦРМ	ДУ "Національний науковий центр радіаційної медицини" НАМН України, лабораторія дозиметрії зовнішнього опромінення	Київ	79%	1.9%	1.02
32	Екоцентр	Вимірювальний комплекс РЕМтаРДК "Екоцентр", лабораторія індивідуального дозиметричного контролю	Чорно- биль	79%	4.1%	1.16
36	Закарпатська СЕС	ДУ "Закарпатський обласний лабораторний центр держсанепідемслужби України", лабораторія фізичних факторів	Уж- город	79%	7.7%	1.06
49	РАЕС	ВП "Рівненська АЕС", лабораторія радіаційної безпеки цеху радіаційної безпеки	Кузне- цовськ	67%	2.8%	1.10
21	ІЯД	Інститут ядерних досліджень НАН України, відділ радіаційної і загальної безпеки	Київ	63%	1.2%	0.73
38	Нац. Інститут раку	ДУ "Національний інститут раку", відділ дозиметрії іонізуючого випромінювання та радіаційної безпеки	Київ	63%	19%	1.80
31	Радіоекологія	ТОВ "ДЦ "Радіоекологія"	Київ	54%	37%	1.01
41	КМОЦ	Київський міський онкологічний центр	Київ	38%	58%	0.36
39	Київська СЕС	ДУ "Київський міський лабораторний центр Державної санітарно- епідеміологічної служби України", лабораторія радіологічної гігієни	Київ	8%	32%	0.33
46	Львівська СЕС	ДУ " Львівський обласний лабораторний центр Державної санітарно-епідеміологічної служби України", лабораторія з проведення радіологічних досліджень	Львів	0%	15%	6.35

Показники лабораторій-учасниць Інтеркалібрування, дозволяють умовно розділити лабораторії на чотири групи, позначені у таблицях відповідним кольором:

1. Такі, що повністю задовольняють вимогам стандарту ISO 14146 (зелений).
2. Такі, що не задовольняють вимогам стандарту ISO 14146, але проблеми яких пов'язані з вадами дозиметричної системи чи алгоритму визначення доз, які можуть бути скориговані (світло жовтий).
3. Такі, для яких незадовільний результат обумовлений принциповими вадами дозиметричної системи, а не методичними хибами при обробці дозиметрів (темно жовтий).
4. Такі, що продемонстрували цілком незадовільний результат (бузковий).

Табл. 6 містить більш розгорнуті дані, які характеризують показники лабораторій-учасниць та їхніх дозиметричних систем. Для кожної з лабораторій наведено число результативних вимірювань дозиметрів, що були піддані контрольному опроміненню. За винятком трьох лабораторій, усі учасники спромоглися визначити дози усіх 24 дозиметрів. Відтак, оцінка відповідності вимогам стандарту ISO 14146 наведена у двох варіантах: відсоток результатів, що потрапляють до «труби допусків» по відношенню до числа визначених результатів (23 або 24, у залежності від лабораторії) та відносно до числа усіх опромінених дозиметрів (24). Останнє відношення наведено у колонці «% успіху». Додатково у таблиці наводяться межі параметру R - відношення результату визначення дози лабораторією до номінального значення дози. Окрім мінімуму та максимуму R , вельми інформативним є відношення максимуму до мінімуму R , яке характеризує у відносних величинах варіабельність відгуку дозиметра в залежності від умов опромінення (енергетичного спектру, кутових характеристик поля випромінювання, дози). За цим критерієм найкращими властивостями відзначаються дозиметричні системи учасників №№ 47 та 50 (система RADOS RE-2000 з дозиметрами на основі матеріалу LiF:Mg,Cu,P), а також учасника № 23 (система Harshaw 6600 з дозиметрами типу Harshaw 8825 на основі матеріалу LiF:Mg,Ti із спеціальними фільтрами та відповідним алгоритмом визначення доз). Показовим є параметр R , оцінений для дози 60 мЗв, який характеризує спроможність лабораторії визначити дози підвищеного опромінення. З'ясувалось, що деякі лабораторії занижують ці значущі для здоров'я людини дози від 3 до 10 разів.

Дані Табл. 7 дозволяють оцінити систематичні вади лабораторій при визначенні доз у «простих» умовах опромінення та дають чисельну оцінку відтворюваності результатів – відносної випадкової похибки вимірювання. Виявилось, що усе наявне обладнання ІДК дозволяє досягти високого рівня відтворюваності результатів – відносна похибка незалежно від системи може не перевищувати 5%, причому для автоматичних ТЛД систем похибка може бути на

рівні 0.2%, а для ручних та напівавтоматичних ТЛД систем – 2.6 та 1.7%, відповідно. Характерно, що фотоплівкова система при опроміненні дозою 5 мЗв показала гарну відтворюваність результату на рівні 1.2%. Поруч із хорошими результатами, таблиця містить результати поганої якості: відносна випадкова похибка учасника № 41 сягає 58%, учасника № 31 – 37%, учасника № 39 – 32%. Підкреслимо, що тест випадкової похибки здійснювався в умовах, украй сприятливих для точного визначення дози – опроміненні на джерелі S-Cs при дозі 5 мЗв.

У Табл. 8 наведені відомості про приладове та метрологічне забезпечення лабораторій-учасниць Інтеркалібрування. За винятком лабораторій АЕС та ХІМР (учасник № 42) дозиметричне обладнання має вік 10 років і більше, а відтак є фізично застарілим. Водночас, деякі із старих систем показали хороші результати: системи 1992 (учасник № 51), 1990 (№ 40 та № 44) років випуску задовольнили вимогам стандарту ISO 14146.

Видно, що хоча клас обладнання впливає на результат (зазвичай кращі результати показали автоматичні ТЛД системи), цей вплив не є вирішальним. Так, гарні результати показали навіть морально застарілі ручні ТЛД системи, натомість, окремі лабораторії, що використовують більш сучасні автоматичні чи напівавтоматичні системи не пройшли тест.

Можна припустити, що визначальними для забезпеченні високої якості вимірювання дози професійного опромінення персоналу категорії А є кваліфікація персоналу та адекватність внутрішньолабораторних процедур (методики вимірювання, контроль якості, технічне обслуговування наявного обладнання).

Із співставлення результатів, продемонстрованих лабораторіями із простежуваністю їхніх метрологічних еталонів можна побачити, що усі лабораторії, що показали незадовільні результати (рядки, відтінені темним) отримували метрологічне забезпечення у ДП «Укрметртестстандарт». Таке спостереження спонукає до більш детального вивчення цього питання та встановлення чи є об'єктивним такий зв'язок.

Таблиця 6 – Розгорнуті загальні результати лабораторій-учасниць Першого національного інтеркалібрування лабораторій ІДК України.

Код учасника	Назва учасника	Задовольняє ISO 14146	Всього результатів	У межах допуску	% у межах допуску	% успіху	Мінімум відношення R	Максимум відношення R	Максимум/мінімум R	Калібрувальний коефіцієнт по S-Cs	Відношення R для 60 мЗв
21	ІЯД	ні	24	15	63%	63%	0.24	1.02	4.25	0.73	0.33
22	ННЦРМ	ні	24	19	79%	79%	0.96	1.71	1.78	1.02	0.99
23	ЧАЕС	так	24	24	100%	100%	0.91	1.32	1.45	1.10	1.08
24	ХАЕС	так	24	24	100%	100%	0.80	1.44	1.80	0.87	0.84
31	Радіоекологія	ні	23	13	57%	54%	-	4.73	-	1.01	-
32	Екоцентр	ні	24	19	79%	79%	1.01	2.13	2.11	1.16	1.01
34	ЧАЕС	так	24	24	100%	100%	0.82	1.49	1.81	0.90	0.92
36	Закарпатська СЕС	ні	24	19	79%	79%	0.85	1.84	2.16	1.06	0.98
38	Нац. Інститут раку	ні	24	15	63%	63%	0.20	9.80	48.51	1.80	0.42
39	Київська СЕС	ні	24	2	8%	8%	0.11	0.76	6.84	0.33	0.11
40	АТЦ НАЕК	так	24	24	100%	100%	0.65	1.38	2.12	1.09	0.95
41	КМОЦ	ні	23	9	39%	38%	0.06	0.88	15.68	0.36	0.21
42	ХІМР	ні	24	21	88%	88%	0.90	1.73	1.91	1.00	1.05
44	Хмельницька СЕС	так	23	23	100%	96%	0.82	1.52	-	0.99	-
441 ⁷	Хмельницька СЕС	так	24	24	100%	100%	0.82	1.52	1.85	0.99	0.97
46	Львівська СЕС	ні	24	0	0%	0%	5.35	14.31	2.67	6.35	5.66
47	ЗАЕС	так	24	24	100%	100%	1.02	1.38	1.36	1.07	1.09
49	РАЕС	ні	24	13	54%	54%	0.54	1.84	3.43	0.97	1.12
491 ⁸	РАЕС	ні	24	16	67%	67%	1.02	1.84	1.81	1.10	1.12
50	ЮУАЕС	так	24	24	100%	100%	0.89	1.27	1.42	0.98	0.91
51	ІРЗ	так	24	22	92%	92%	0.95	1.73	1.82	1.02	1.01

⁷ Учасник №44 повідомив про неможливість визначити дозу одного дозиметра через ймовірну помилку при зчитуванні. Після запрошення надати «помилкове» значення, воно було також долучено до аналізу, а результати представлені під кодом 441.

⁸ Після надсилання офіційних результатів зчитування дозиметрів, але до моменту оголошення значень номінальних доз, учасник №49 виявив в себе помилку (збій зчитування одного з детекторів у дозиметрі), яка призвела до зменшення удвоє кількох результатів. Учаснику було надано можливість надіслати скориговані результати, які були представлені під кодом 491.

Таблиця 7 – Результати лабораторій-учасниць Першого національного інтеркалібрування лабораторій ІДК України окремо для дозиметрів, опромінених на джерелі S-Cs

Код учасника	Назва учасника	Задовольняє ISO 14146 (загалом)	Задовольняє ISO 14146 (джерело S-Cs)	Калібрувальний коефіцієнт по S-Cs	Загалом (джерело S-Cs)	Відповідає ISO 14146 (джерело S-Cs)	% у межах допуску ISO 14146 (джерело S-Cs)	Відносна випадкова похибка при опроміненні з дозою 5 мЗв
21	ІЯД	ні	так	0.73	12	11	92%	1.2%
22	ННЦРМ	ні	так	1.02	12	12	100%	1.9%
23	ЧАЕС	так	так	1.10	12	12	100%	8.7%
24	ХАЕС	так	так	0.87	12	12	100%	0.2%
31	Радіоекологія	ні	так	1.01	12	11	92%	36.9%
32	Екоцентр	ні	так	1.16	12	12	100%	4.1%
34	ЧАЕС	так	так	0.90	12	12	100%	3.2%
36	Закарпатська СЕС	ні	так	1.06	12	12	100%	7.7%
38	Нац. Інститут раку	ні	ні	1.80	12	6	50%	19.5%
39	Київська СЕС	ні	ні	0.33	12	2	17%	31.7%
40	АТЦ НАЕК	так	так	1.09	12	12	100%	2.6%
41	КМОЦ	ні	ні	0.36	12	3	25%	57.8%
42	ХІМР	ні	так	1.00	12	12	100%	1.7%
44	Хмельницька СЕС	так	так	0.99	11	11	100%	5.5%
441 ⁹	Хмельницька СЕС	так	так	0.99	12	12	100%	5.5%
46	Львівська СЕС	ні	ні	6.35	12	0	0%	14.9%
47	ЗАЕС	так	так	1.07	12	12	100%	0.4%
49	РАЕС	ні	ні	0.97	12	9	75%	38.9%
491 ¹⁰	РАЕС	ні	так	1.10	12	12	100%	2.8%
50	ЮУАЕС	так	так	0.98	12	12	100%	4.6%
51	ІРЗ	так	так	1.02	12	12	100%	0.8%

⁹ Див. примітку до Табл. 6.

¹⁰ Див. примітку до Табл. 6.

Таблиця 8 – Приладове та метрологічне забезпечення лабораторій-учасниць Першого національного інтеркалібрування лабораторій ІДК України

Код учасника	Назва учасника	Задовольняє ISO 14146	Тип приладу - коротка назва	Рік випуску обладнання	Орган держстандарту повірки - коротка назва
21	ІЯД	ні	ІФКУ-1		ДП "Укрметртестстандарт" (3)
22	ННЦРМ	ні	Harshaw 8800	1992	ДП "Київоблстандартметрологія", БЦ (1)
23	ЧАЕС	так	Harshaw 6600		
24	ХАЕС	так	Harshaw 6600 Plus	2004	ДП "Київоблстандартметрологія", БЦ (1)
31	Радіоекологія	ні	ДТУ-01	1987	ДП "Укрметртестстандарт" (3)
32	Екоцентр	ні	КДТ-02М	1989, 1990	Повірочна лабораторія ДСП "Чорнобильський спецкомбінат" (4)
34	ЧАЕС	так	Harshaw 8800	1998	ДП "Київоблстандартметрологія", БЦ (1)
36	Закарпатська СЕС	ні	ДТУ-01М	1996	ДП "Київоблстандартметрологія", БЦ (1)
38	Нац. Інститут раку	ні	ДТУ-01	1995	ДП "Укрметртестстандарт" (3)
39	Київська СЕС	ні	КДТ-02М	1998	ДП "Укрметртестстандарт" (3)
40	АТЦ НАЕК	так	КДТ-02М	1990	ДП "Київоблстандартметрологія", БЦ (1)
41	КМОЦ	ні	ДТУ 01		ДП "Укрметртестстандарт" (3)
42	ХІМР	ні	ДВГ-02ТМ	2009	ННЦ "Інститут метрології", м.Харків (2)
44	Хмельницька СЕС	так	ДТУ-01	1990	ДП "Київоблстандартметрологія", БЦ (1)
441	Хмельницька СЕС	так	ДТУ-01	1990	ДП "Київоблстандартметрологія", БЦ (1)
46	Львівська СЕС	ні	ДТУ-01М	2007	ДП "Київоблстандартметрологія", БЦ (1)
47	ЗАЕС	так	RE-2000	2008	ННЦ "Інститут метрології", м.Харків (2)
49	РАЕС	ні	RE-2000	2006	ННЦ "Інститут метрології", м.Харків (2)
491	РАЕС	ні	RE-2000	2006	ННЦ "Інститут метрології", м.Харків (2)
50	ЮУАЕС	так	RE-2000	2006	ДП "Київоблстандартметрологія", БЦ (1)
51	ІРЗ	так	Harshaw 8800	1992	ДП "Київоблстандартметрологія", БЦ (1)

6. ПІДСУМКИ АНАЛІЗУ РЕЗУЛЬТАТІВ, ПОКАЗАНИХ ЛАБОРАТОРІЯМИ-УЧАСНИЦЯМИ ПЕРШОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ІНТЕРКАЛІБРУВАННЯ

Аналіз результатів, показаних лабораторіями-учасницями Інтеркалібрування, дозволяє розділити лабораторії на чотири групи:

1. Такі, що повністю задовольняють вимогам стандарту ISO 14146.
2. Такі, що не задовольняють вимогам стандарту ISO 14146, але проблеми яких пов'язані з вадами дозиметричної системи чи алгоритму визначення доз, які можуть бути скориговані.
3. Такі, для яких незадовільний результат обумовлений принциповими вадами дозиметричної системи, а не методичними хибами при обробці дозиметрів.
4. Такі, що продемонстрували цілком незадовільний результат.

До першої групи (задовольняють вимогам ISO 14146, можуть здійснювати ІДК без застережень) належать наступні лабораторії ІДК:

- ВП «Хмельницька АЕС» ДП НАЕК «Енергоатом» (<http://www.xaec.org.ua>), лабораторія індивідуального дозиметричного контролю цеху радіаційної безпеки (Нетішин), контактна особа Селіхова Марина Олександрівна, (03842) 6-36-03, selikhova.maryna@khnpp.atom.gov.ua .
- ВП «Запорізька АЕС» ДП НАЕК «Енергоатом» (<http://www.npp.zp.ua>), лабораторія радіаційної безпеки цеху радіаційної безпеки (Енергодар), контактна особа Плюсніна Катерина Миколаївна, (06139) 5-62-42, crb2437@mgw.npp.zp.ua .
- ВП "Аварійно-технічний центр" НАЕК "Енергоатом" (<http://www.energoatom.kiev.ua/ua/separated/scientific>) , СРРДКтаД (Білогірська), контактна особа Скорий Микола Савович, (044) 406-56-65, Skoriy@atc.gov.ua .
- ДСП «Чорнобильська АЕС» (<http://chnpp.gov.ua/uk>), лабораторія індивідуального дозиметричного контролю цеху радіаційної безпеки (Славутич/ЧАЕС), контактна особа Шевченко Андрій Олександрович, (04579) 2-58-38, lidk@chnpp.gov.ua .
- ВП «Южноукраїнська АЕС» ДП НАЕК «Енергоатом» (<http://www.sunpp.mk.ua/uk>), лабораторія індивідуального дозиметричного контролю цеху радіаційної безпеки (Южноукраїнськ), контактна особа Боярищев Володимир Володимирович, (05136) 4-25-84, v_boyar@sunpp.atom.gov.ua .
- ДУ "Хмельницький обласний лабораторний центр Держсанепідслужби України" (Хмельницький), контактна особа Малицький Борис Юрійович, (0382) 79-41-39, malbor1958@gmail.com.
- АТ "НДІ РЗ АТН України" (<http://rpi.kiev.ua/ua>) (Київ), контактна особа Волоський Віталій Миколайович, (044) 489-34-14, dose@leed1.kiev.ua .

До другої групи (не задовольняють вимогам стандарту ISO 14146, але проблеми пов'язані з такими вадами дозиметричної системи чи алгоритму визначення доз, які можуть бути скориговані) належать наступні:

- ДУ "Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва НАМН України", центральна лабораторія радіаційної гігієни медичного персоналу і пацієнтів (Харків).
- ДУ "Національний науковий центр радіаційної медицини" НАМН України, лабораторія дозиметрії зовнішнього опромінення (Київ).
- Вимірювальний комплекс РЕМтаРДК "Екоцентр", лабораторія індивідуального дозиметричного контролю (Чорнобиль).
- ДУ "Закарпатський обласний лабораторний центр держсанепідемслужби України", лабораторія фізичних факторів (Ужгород).
- ВП «Рівненська АЕС» ДП НАЕК «Енергоатом», лабораторія радіаційної безпеки цеху радіаційної безпеки (Кузнецовськ).

До третьої групи (незадовільний результат обумовлений принциповими вадами дозиметричної системи) відноситься Інститут ядерних досліджень НАН України, відділ радіаційної і загальної безпеки (Київ), який використовує застарілу фотоплівкову систему ІДК, що має незадовільні діапазон доз, що вимірюються та енергетичну залежність відгуку дозиметрів. Неможливість вимірювати дози вищі за 20 мЗв, яку було продемонстровано у ході інтеркалібрування, є принциповим недоліком системи, що унеможлиблює використання таких дозиметрів в умовах радіаційної аварії.

До четвертої групи (лабораторії, що продемонстрували цілком незадовільні результати) відносяться:

- ДУ "Національний інститут раку", відділ дозиметрії іонізуючого випромінювання та радіаційної безпеки (НІР, Київ).
- ТОВ "ДЦ "Радіоекологія" (Київ).
- Київський міський онкологічний центр (КМОЦ, Київ).
- ДУ "Київський міський лабораторний центр Державної санітарно-епідеміологічної служби України", лабораторія радіологічної гігієни (Київська міськСЕС, Київ).
- ДУ "Львівський обласний лабораторний центр Державної санітарно-епідеміологічної служби України", лабораторія з проведення радіологічних досліджень (Львівська облСЕС, Львів).

Указані лабораторії продемонстрували величезну дисперсію результатів (випадкову похибку) та систематичне заниження (у три рази - КМОЦ та Київська міськСЕС) або завищення (більш ніж у 6 разів – Львівська облСЕС та майже у 2 рази – НІР) значень доз. Відсоток результатів, що задовольняє критерію стандарту ISO 14146 варіює від 0% (Львівська облСЕС) до 63% (НІР).

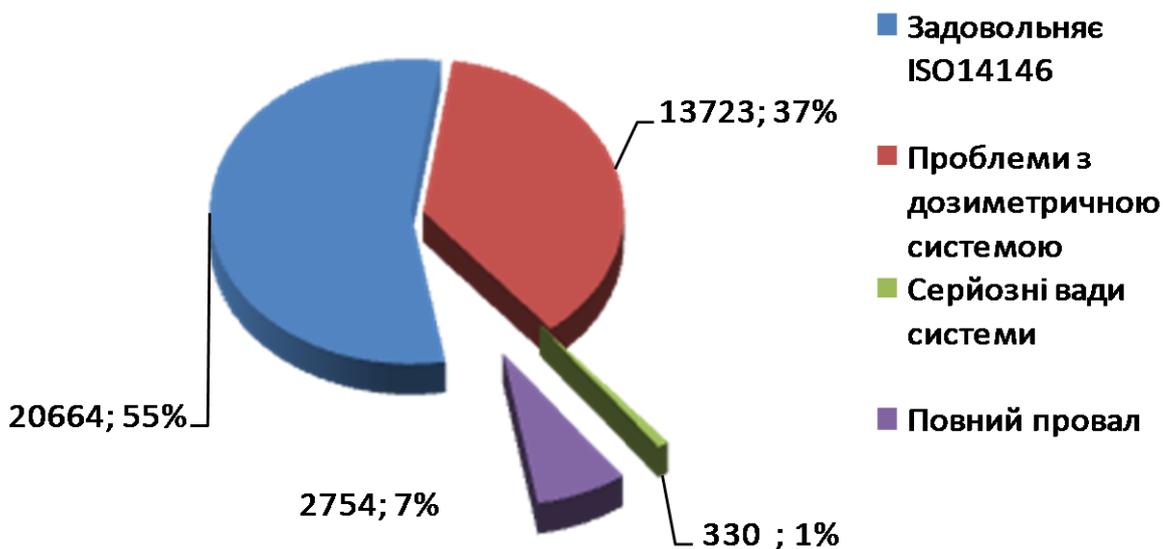


Рисунок 24 – Розподіл результатів лабораторій-учасниць за чисельністю персоналу категорії А, що отримують у них ІДК професійного опромінення

У розрізі кількості персоналу категорії А, що отримує індивідуальний дозиметричний контроль у лабораторіях-учасницях Інтеркалібрування, результати Інтеркалібрування відбивають наступне становище (Рис.24): 20664 особи (55%) отримує повністю адекватний ІДК, що відповідає міжнародним критеріям стандарту ISO 14146. Додатково, 13723 особи (37%) отримують ІДК, що не повною мірою відповідає сучасним стандартам, однак якість ІДК може бути приведена у відповідність до вимог через відносно нескладну корекцію методик або шляхом звуження (конкретизації) галузей застосування ІДК у відповідності до умов праці (опромінення) персоналу категорії А, для яких застосовується ІДК цих лабораторій. Наприклад, персонал Зони відчуження, що отримує ІДК в лабораторії Вимірювального комплексу РЕМтаРДК "Екоцентр", не стикається у роботі із джерелами м'якого гамма чи рентгенівського випромінювання, а відтак, незадовільні результати в регіоні низьких енергій фотонного випромінювання не впливають на точність дозиметричного контролю цього персоналу. Так само, селективне коригування калібрувальних коефіцієнтів у Центральній лабораторії радіаційної гігієни медичного персоналу і пацієнтів (Харків) на специфічні умови опромінення рентгенологів дозволить забезпечити високу якість вимірювань індивідуальних доз саме цієї професійної групи персоналу категорії А.

3354 особи (7%) отримують ІДК незадовільної якості, подекуди, можна вважати, що результати вимірювань, які здійснюються для цього персоналу категорії А є оманливими та не можуть слугувати мірою професійного опромінення та контролю виконання вимог НРБУ-97.

Більш детально результати Інтеркалібрування, включно з результатами окремих лабораторій-учасниць, представлені на сайті ННЦРМ

<http://nrcrm.gov.ua/science/index.html>.

За додатковою інформацією звертатися до авторів аналітичної довідки: ННЦРМ, Чумак В.В., тел. (044) 489-34-14, chumak@leed1.kiev.ua .

7. ВИСНОВКИ

За підсумками проведення Першого національного інтеркалібрування можна дійти наступних висновків:

1. Перше національне інтеркалібрування лабораторій ІДК в Україні охопило 18 з 61 можливих лабораторій, що здійснюють ІДК персоналу категорії А в Україні. На контролі у цих організаціях перебуває 37471 особа або близько 75% від загальної кількості персоналу категорії А в Україні.

2. Більше половини (55% від числа тих, що контролюється лабораторіями-учасницями Інтеркалібрування) персоналу категорії А отримує дозиметричний контроль високої якості, який відповідає міжнародним вимогам та стандартам якості.

3. Значна кількість (37%) персоналу отримує ІДК, якість якого формально не відповідає вимогам міжнародного стандарту ISO 14146, але може бути ефективно та у стислий час покращена через застосування коригувальних заходів.

4. Можна констатувати, що близько 3 тис. осіб з персоналу категорії А (8%) отримують цілком неадекватний дозиметричний контроль, результати якого є оманливими та не дозволяють забезпечити на належному рівні радіаційну безпеку персоналу.

5. З даних результатів реєстрації лабораторій ІДК для участі в Інтеркалібруванні випливає, що деякі з лабораторій не використовують пасивні системи ІДК, які є основою поточного індивідуального дозиметричного контролю. Це означає, що персонал, який контролюється такими лабораторіями, отримує оперативний контроль, але позбавлений поточного ІДК, який є базою для оцінки відповідності рівнів опромінення персоналу нормативам НРБУ-97.

6. Залишається значна кількість лабораторій, які за наявними даними здійснюють ІДК персоналу категорії А, але не взяли участь у Першому національному інтеркалібруванні. Наразі немає підстав для висновку про достатню якість індивідуального дозиметричного контролю, що проводиться цими лабораторіями.

8. РЕКОМЕНДАЦІЇ ТА ПОДАЛЬШІ КРОКИ

З метою гарантування високої якості індивідуального дозиметричного контролю персоналу категорії А слід запропонувати наступні заходи:

1. Призупинити здійснення ІДК лабораторіями які продемонстрували незадовільні результати (лабораторії 3-4 груп). Протягом півроку провести розслідування причин незадовільної якості ІДК, вжити коригувальних заходів та повторно взяти участь у національному інтеркалібруванні. За підсумками повторного інтеркалібрування прийняти рішення про продовження чи остаточне зупинення діяльності вищезгаданих лабораторій в галузі здійснення індивідуального дозиметричного контролю. На період здійснення розслідування, застосування коригувальних заходів та проведення повторного інтеркалібрування ІДК персоналу слід здійснювати у лабораторіях, що успішно пройшли Перше національне інтеркалібрування (лабораторії 1 групи).

2. Лабораторіям другої групи (такі, що не задовольняють вимогам стандарту ISO 14146, але проблеми яких пов'язані з такими вадами дозиметричної системи чи алгоритму визначення доз, які можуть бути скориговані) слід протягом трьох місяців вжити коригувальних заходів, ефективність яких слід підтвердити через участь у національному інтеркалібруванні. На період до підведення підсумків повторного інтеркалібрування ІДК персоналу категорії А здійснюватиметься у звичайному режимі. За результатами повторного інтеркалібрування має бути зроблений висновок відносно відповідності міжнародним критеріям стандарту ISO 14146 або прийняте рішення про подальше вдосконалення процедур ІДК, спрямоване на досягнення відповідності цьому міжнародному стандарту.

3. Для лабораторій, що продемонстрували високу якість вимірювань та відповідають міжнародним критеріям стандарту ISO 14146 рекомендується повторна участь у національному або міжнародному інтеркалібруванні не пізніше, ніж через два роки після оголошення результатів Першого національного інтеркалібрування лабораторій ІДК України (грудень 2014 р.).

4. Зобов'язати лабораторії, що здійснюють індивідуальний дозиметричний контроль професійного опромінення персоналу категорії А та не взяли участь у Першому національному інтеркалібруванні, до кінця 2015 року взяти участь у Другому національному інтеркалібруванні. Держатомрегулювання повідомити користувачів послуг ІДК, що надаються цими лабораторіями, про неучасть у Першому національному інтеркалібруванні та очікуванні участі лабораторій ІДК у Другому національному інтеркалібруванні.

5. Розробити документ «Вимоги до служб індивідуального дозиметричного контролю. Кваліфікаційні вимоги» та надати йому юридично зобов'язуючий характер.

Додаток А

Протоколи опромінення дозиметрів у полях фотонного гамма- та рентгенівського випромінювання у метрологічній лабораторії Бельгійського центру ядерних досліджень SCK-CEN



Nr. 015-CAL

SCK•CEN

Radiation Protection Dosimetry and Calibration
 Laboratory for Nuclear Calibrations
 Boeretang 200 B-2400 MOL
 Tel. + 32 14 33 20 05 Fax + 32 14 32 10 49

Irradiation Certificate

Sample: personal dosimeters for inter-laboratory comparison within the SCK•CEN project BESMEZ2014-06

Customer: Vadim Chumak
 National Research Center for Radiation Medicine
 04050, Melnikova 53
 Kiev, Ukraine

Irradiation date: 2014-09-23 / 2014-09-24

Method : Irradiations with ¹³⁷Cs and ⁶⁰Co photons

Pages: 2

Certificate number: LNK 2014-146

Issue date : 2014-11-03

	Date	Signature
Bart Marlein Operator	2014-11-21	
Liviu-Cristian Mihailescu Laboratory Responsible	2014-11-21	

This certificate may not be reproduced other than in full, except with the prior written approval of the RDC group of SCK•CEN. The uncertainty applies only to the measured value and does not carry any implication regarding the long term stability of the equipment or the effect of transportation.

Stichting van Openbaar Nut - Fondation d'Utilité publique - Foundation of Public Utility

Maatschappelijke Zetel - Siège social - Registered Office: avenue Herrmann-Debrouxlaan 40 - BE-1160 BRUSSEL - BRUXELLES - BRUSSELS
 Exploitatiezetel - Siège d'Exploitation - Operational Office: Boeretang 200 - BE-2400 MOL
 btw - TVA - vat: BE 406 568 867

www.sckcen.be
 Tel.: + 32 2 661 19 51 Fax: + 32 2 661 19 56
 Tel.: + 32 14 33 21 11 Fax: + 32 14 31 50 21
 KBO - BCE - CBE: 0406 568 867

015-015

Irradiation method

The irradiations were performed with ^{137}Cs and ^{60}Co sources. The reference dose rate was measured with the NE2575 600 cc ionisation chamber Sn 549 (secondary standard). The calibration of this chamber in terms of K_{air} is traceable to the primary standard of PTB (Germany). The conversion coefficients $h_{\text{pk}}(10;R;\alpha)$ and $h_{\text{pk}}(0.07;R;\alpha)$ from K_{air} to dose equivalent are taken from ISO-4037-3:1999(E) standard, tables 30, 33 and A6 and from Behrens et al RadProt Dos (2011) vol 147 No 3, pp 373-379. A build-up plate of plexiglass was used in front of the TLD's during the $H_p(10)$ irradiations as follows (ISO-4037): ^{137}Cs – 2 mm Plexiglass and ^{60}Co – 4 mm Plexiglass. The $H_p(10)$ irradiation were done on a slab phantom of 30 x 30 x 15 cm placed at 150 cm distance from the source. Dosimeters were kept for background. The irradiation for the incidence angle were done by rotating the phantom. Irradiations with X-rays were performed during the same campaign (see certificate LNK 2014-147).

The ambient conditions during the irradiation were:

air temperature: 21-22 °C
 pressure: 1010-1020 mbar
 humidity: 50-58 %

Results

Batch number	Beam quality	Date of irradiation	Angle of incidence	Irradiation time	Air kerma K_{air}	Conventional true value $H_p(10)$	Expanded uncertainty $H_p(10)$ (k=2)	Conversion coefficient $h_{\text{pk}}(10;S;\alpha)$	Conventional true value $H_p(0.07)$	Expanded uncertainty $H_p(0.07)$ (k=2)	Conversion coefficient $h_{\text{pk}}(0.07;S;\alpha)$
			deg	s	mGy	mSv	mSv	Sv/Gy	mSv	mSv	Sv/Gy
2,18,23	^{60}Co panoramic	2014-09-23	0°	4927		5.00	0.28	1.15	4.91	0.28	1.13
3,6	^{137}Cs horizontal	2014-09-23	0°	389		0.50	0.04	1.21	0.47	0.03	1.14
1,5	^{137}Cs horizontal	2014-09-23	0°	1554		2.00	0.14	1.21	1.88	0.13	1.14
12,15, 17,24	^{137}Cs panoramic	2014-09-24	0°	390		5.00	0.20	1.21	4.71	0.19	1.14
16,22	^{137}Cs panoramic	2014-09-24	0°	1558		20.00	1.20	1.21	18.84	1.13	1.14



STUDIECENTRUM VOOR KERNENERGIE
CENTRE D'ETUDE DE L'ENERGIE NUCLEAIRE

SCK•CEN

Radiation Protection Dosimetry and Calibration
Laboratory for Nuclear Calibrations
Boeretang 200 B-2400 MOL
Tel. + 32 14 33 20 05 Fax + 32 14 32 10 49

Irradiation Certificate

Sample: personal dosimeters for inter-laboratory comparison within the SCK•CEN project BESMEZ2014-06

Customer: Vadim Chumak
National Research Center for Radiation Medicine
04050, Melnikova 53
Kiev, Ukraine

Irradiation date: 2014-09-23 / 2014-09-24

Method : Irradiations with X-ray photons

Pages: 2

Certificate number: LNK 2014-147

	Date	Signature
Bart Marlein Operator	2014-11-21	
Liviu-Cristian Mihailescu Laboratory Responsible	2014-11-24	

This certificate may not be reproduced other than in full, except with the prior written approval of the RDC group of SCK•CEN. The uncertainty applies only to the measured value and does not carry any implication regarding the long term stability of the equipment or the effect of transportation.

Stichting van Openbaar Nut - Fondation d'Utilité publique - Foundation of Public Utility

Maatschappelijke Zetel - Siège social - Registered Office: avenue Herrmann-Debrouxlaan 40 - BE-1160 BRUSSEL - BRUXELLES - BRUSSELS
Exploitatiezetel - Siège d'Exploitation - Operational Office: Boeretang 200 - BE-2400 MOL
btw - tva - vat: BE 406 568 867

www.sckcen.be

Tel.: + 32 2 661 19 51 Fax: + 32 2 661 19 58
Tel.: + 32 14 33 21 11 Fax: + 32 14 31 50 21
KBO - BCE - CBE: 0406 568 867

Irradiation method

The irradiations were performed with the Xstrahl X-ray dual tube generator of LNK. The reference dose rate was measured with the NE2575 600 cc ionisation chamber Sn 549 (secondary standard). The calibration of this chamber in terms of K_{air} is traceable to the primary standard of PTB (Germany). The conversion coefficients $h_{pk}(10;R;\alpha)$ and $h_{pk}(0.07;R;\alpha)$ from K_{air} to dose equivalent are taken from ISO-4037-3:1999(E) standard, tables 30, 33 and A6 and from Behrens et al RadProt Dos (2011) vol 147 No 3, pp 373-379. No build-up plate of plexiglass was used in front of the dosimeters. The $H_p(10)$ irradiation were done on a slab phantom of 30 x 30 x 15 cm placed at 150 cm distance from the source. Dosimeters were kept for background. The irradiation for the incidence angle were done by rotating the phantom. Irradiations with Cs-137/Co-60 were performed during the same campaign (see certificate LNK 2014-146).

The ambient conditions during the irradiation were:

air temperature: 21-22 °C
 pressure: 1010-1020 mbar
 humidity: 50-58 %

Results

Batch number	Beam quality	Date of irradiation	Angle of incidence	Irradiation time	Air kerma K_{air}	Conventional true value $H_p(10)$	Expanded uncertainty $H_p(10)$ (k=2)	Conversion coefficient $h_{pk}(10;S;\alpha)$	Conventional true value $H_p(0.07)$	Expanded uncertainty $H_p(0.07)$ (k=2)	Conversion coefficient $h_{pk}(0.07;S;\alpha)$
			deg	s	mGy	mSv	mSv	Sv/Gy	mSv	mSv	Sv/Gy
9,13,21	N-60	2014-09-24	0°	307	3.03	5.00	0.16	1.65	4.70	0.15	1.55
4,8	N-60	2014-09-24	45°	307	3.03	4.45	0.14	1.47	4.52	0.14	1.49
10,14	N-60	2014-09-25	60°	307	3.03	3.85	0.12	1.27	4.30	0.13	1.42
19,20	N-40	2014-09-25	0°	554	4.27	5.00	0.15	1.17	5.43	0.16	1.27

Додаток Б

Протоколи опромінення дозиметрів у полях фотонного гамма- та рентгенівського випромінювання у метрологічній лабораторії ДП «Київоблстандартметрологія»



МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"КИЇВСЬКИЙ ОБЛАСНИЙ НАУКОВО-ВИРОБНИЧИЙ ЦЕНТР
СТАНДАРТИЗАЦІЇ, МЕТРОЛОГІЇ ТА СЕРТИФІКАЦІЇ"
(ДП "Київоблстандартметрологія")

09113 Київська область, м. Біла Церква, вул. Січневого прорину, 84
т/ф (04563) 47173, 47544

Свідоцтво про уповноваження № ПК 006-2014, видане 12 червня 2014 року

ПРОТОКОЛ

Опромінення індивідуальних термомінісцентних дозиметрів для проведення міжлабораторних порівнянь.

Дозиметри надані координатором міжлабораторних порівнянь - лабораторією дозиметрії зовнішнього опромінення національного наукового центру радіаційної медицини НАМН України.

1. Дата проведення опромінення: 23.09.2014 р.
2. Умови проведення опромінення:
Температура: + 20 °С; Атмосферний тиск: 99,5 кПа; Вологість повітря 70%.
3. Засоби: Установка УПГД-2 зав.№ 03 атестована як "Робочий еталон одиниць еквівалента дози та потужності еквівалента дози гамма-випромінення РЕТУ 12-06-02-02"
4. Опромінення дозиметрів проводилось джерелом гамма-випромінювання з радіонуклідом ¹³⁷Cs із застосуванням водного фантому згідно ДСТУ ISO 4037-3:2006.

Доза опромінення та номери дозиметрів наведені в таблицях.

Вибірка № 7	
Еквівалент дози гамма-опромінення: <u>2,00 мЗв</u>	
Радіонуклід - ¹³⁷ Cs	
Номера дозиметрів	
Етикетка	Зав. №
60707	428
90774	0030492
70741	00001478
50708	0011312
90777	0061611
20744	1386-0954
00778	0012430
90712	0002420
70746	3518907
80713	0090837
40780	0204-0776
80747	0299778

Вибірка № 11	
Еквівалент дози гамма-опромінення: <u>60,00 мЗв</u>	
Радіонуклід - ¹³⁷ Cs	
Номера дозиметрів	
Етикетка	Зав. №
31107	424
1174	0030287
71141	00003651
81108	0012198
31177	0151612
41144	1386-0814
91178	0009476
31112	0002483
81146	3518447
81113	0043483
41180	0204-0451
11147	0023325

Вибірка № 30	
Не опромінювались <u>фонові</u>	
Радіонуклід - ¹³⁷ Cs	
Номера дозиметрів	
Етикетка	Зав. №
33007	435
83074	0030426
13041	00000484
13008	0013073
33077	0176819
83044	1386-0399
53078	0009258
53012	0002499
93046	3518607
73013	0042549
43080	0204-0596
-	-

Вибірка № 7	
Еквівалент дози гамма-опромінення: <u>2,00 мЗв</u>	
Радіонуклід - ¹³⁷ Cs	
Номера дозиметрів	
Етикетка	Зав. №
70714	3522868
60748	0106816
50782	0241250
40749	000889
90783	008840
70750	000489
20717	0030559

Вибірка № 11	
Еквівалент дози гамма-опромінення: <u>60,00 мЗв</u>	
Радіонуклід - ¹³⁷ Cs	
Номера дозиметрів	
Етикетка	Зав. №
71114	3522270
41148	0107506
41182	0262001
21149	000896
11183	008872
11150	000466
51117	0030634

Вибірка № 30	
Не опромінювались <u>фонові</u>	
Радіонуклід - ¹³⁷ Cs	
Номера дозиметрів	
Етикетка	Зав. №
23014	3515926
13048	0107500
3082	0260625
83049	000885
53083	008954
13050	000465
83017	0030173

Опромінення дозиметрів провів:

Головний спеціаліст відділу ДМК ЗВТ ІВ _____ О.П. Грибанов



ДМК ЗВТ ІВ _____ А.В. Приходько

