АРЗ СП ГУ ДСНС України у Рівненській області



Радіаційна безпека та дозиметричний контроль

Зміст заняття



1 **Основи радіаційної безпеки**

Випромінювання, доза та радіоактивне забруднення.

2 **Норми опромінення за НРБУ-97**

Категорії А/Б/В, річні ліміти та аварійні роботи.

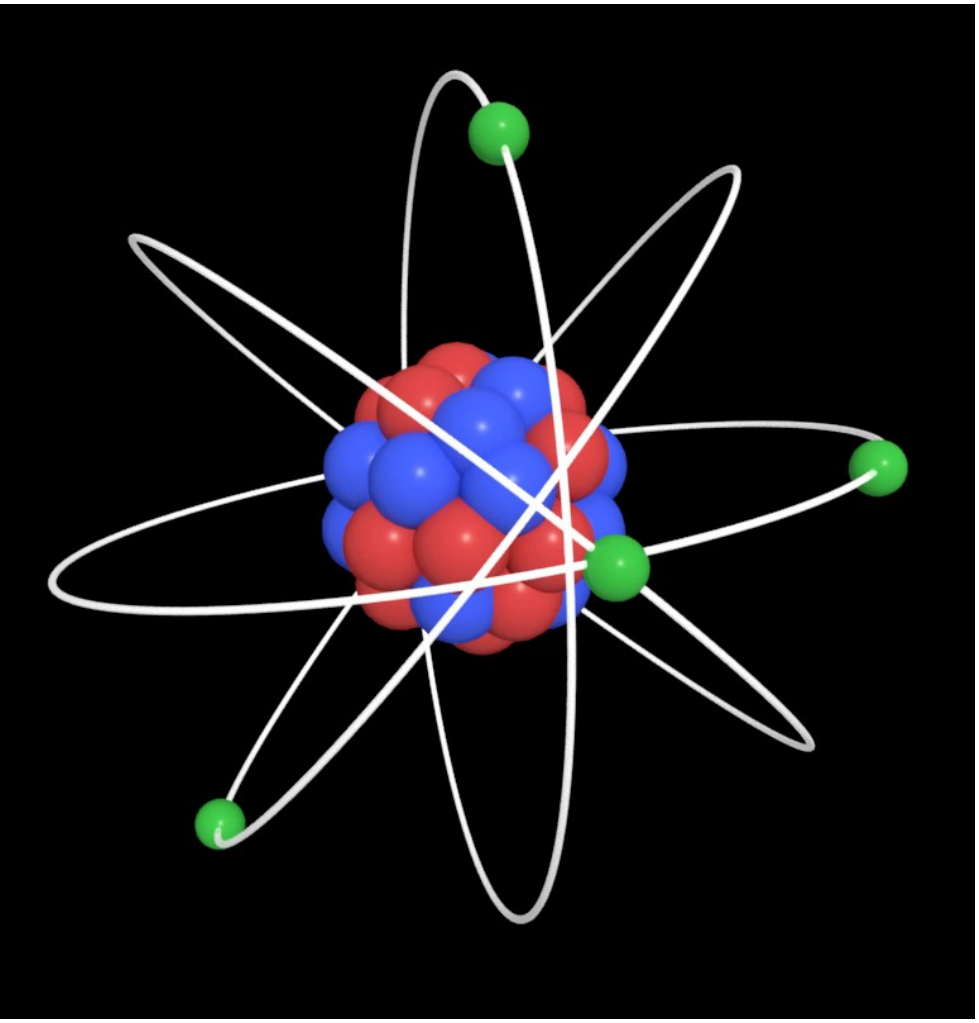
3 **Дозиметри та радіаційна розвідка**

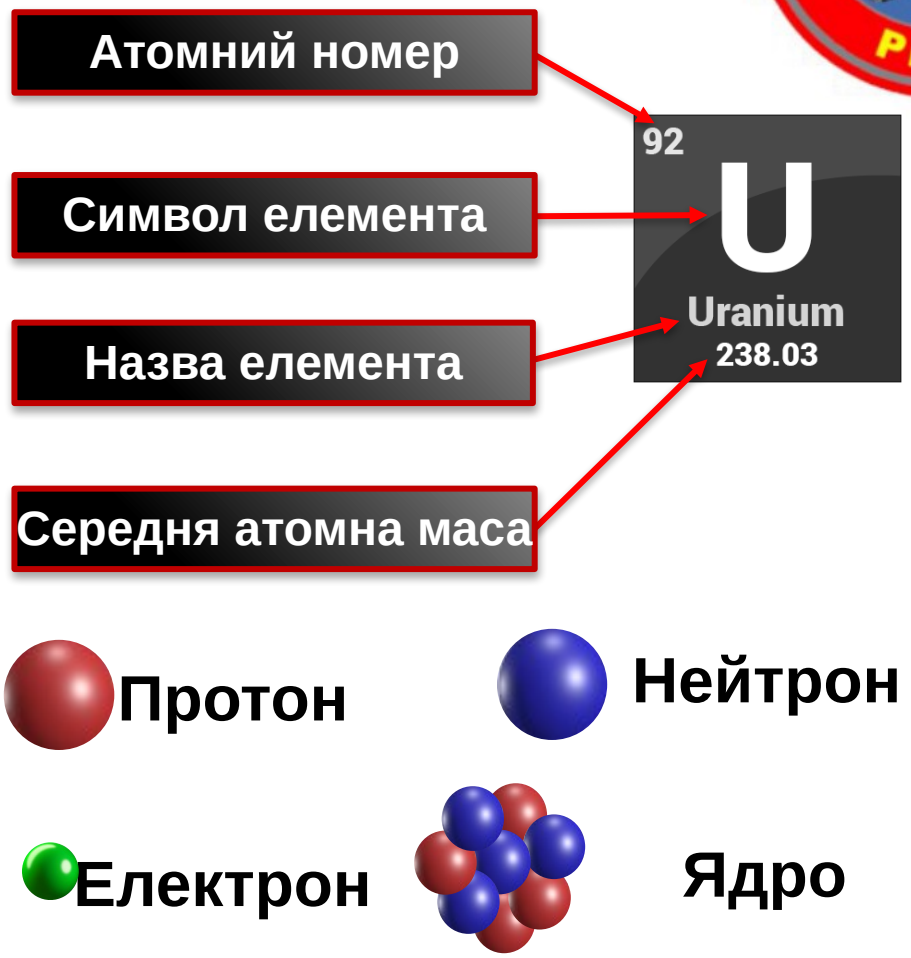
ДКГ-21/21М, DMC 3000, Kromek D3M та інші прилади.

4 **Організація і практична робота**

Підготовка, час у зоні, вихід, зчитування та облік доз.

Атоми



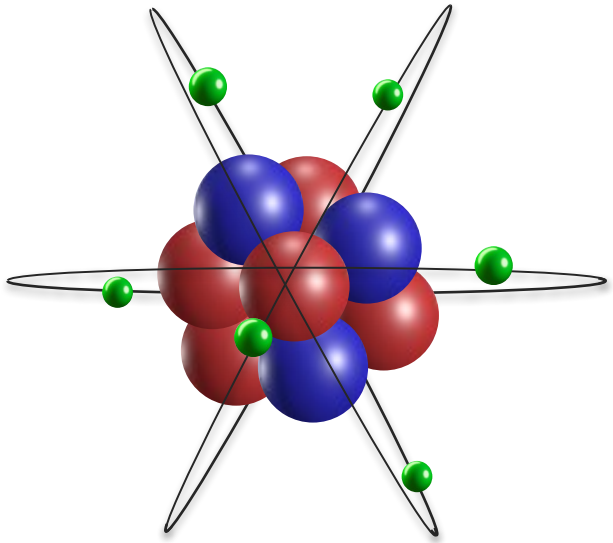


Іонізуюче випромінювання може змінювати атоми речовини та пошкоджувати клітини.

Ізотопи

Ізотопи мають однакове число протонів і різне число нейтронів.

Уран-235

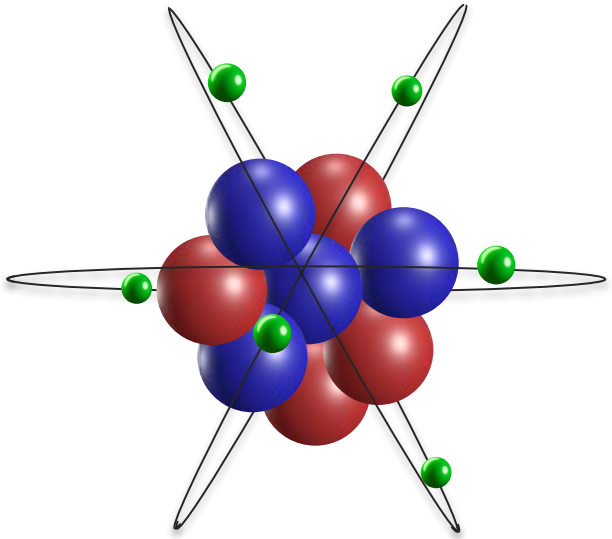


143 нейтрони

+ 92 протони

235 нуклонів

Уран-238



146 нейтронів

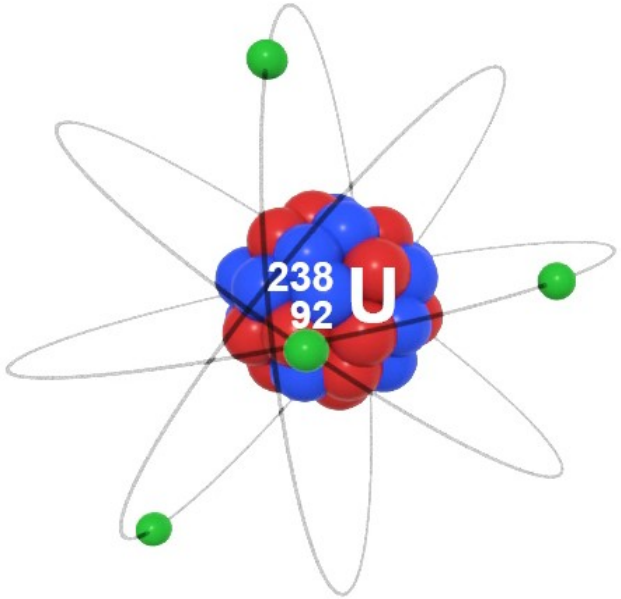
+ 92 протони

238 нуклонів

Іонізуюче випромінювання

Частинки або електромагнітні хвилі, які мають достатню енергію для іонізації речовини.

Радіоактивний розпад: самовільне перетворення нестабільних ядер із випромінюванням.



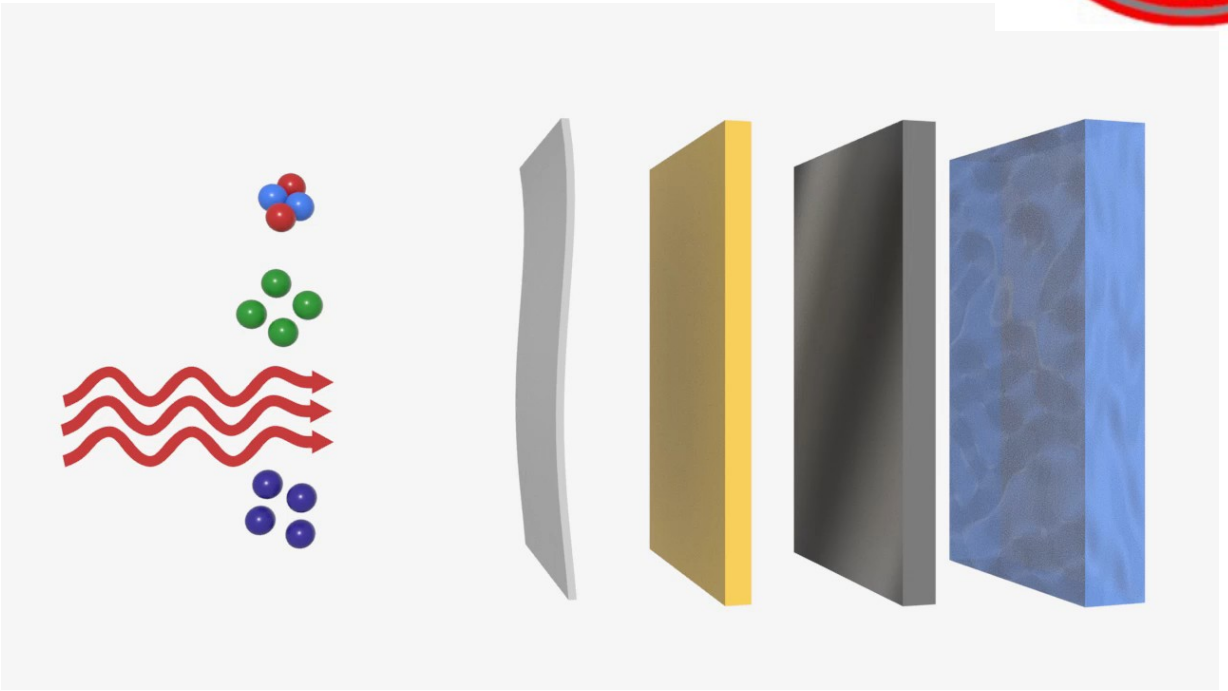
Види випромінювання та захист

Альфа
Небезпека при потраплянні всередину.

Бета
Ураження шкіри, внутрішнє опромінення.

Гамма, рентгенівське
Проникне зовнішнє опромінення.

Нейтрони
Потрібен відповідний прилад.



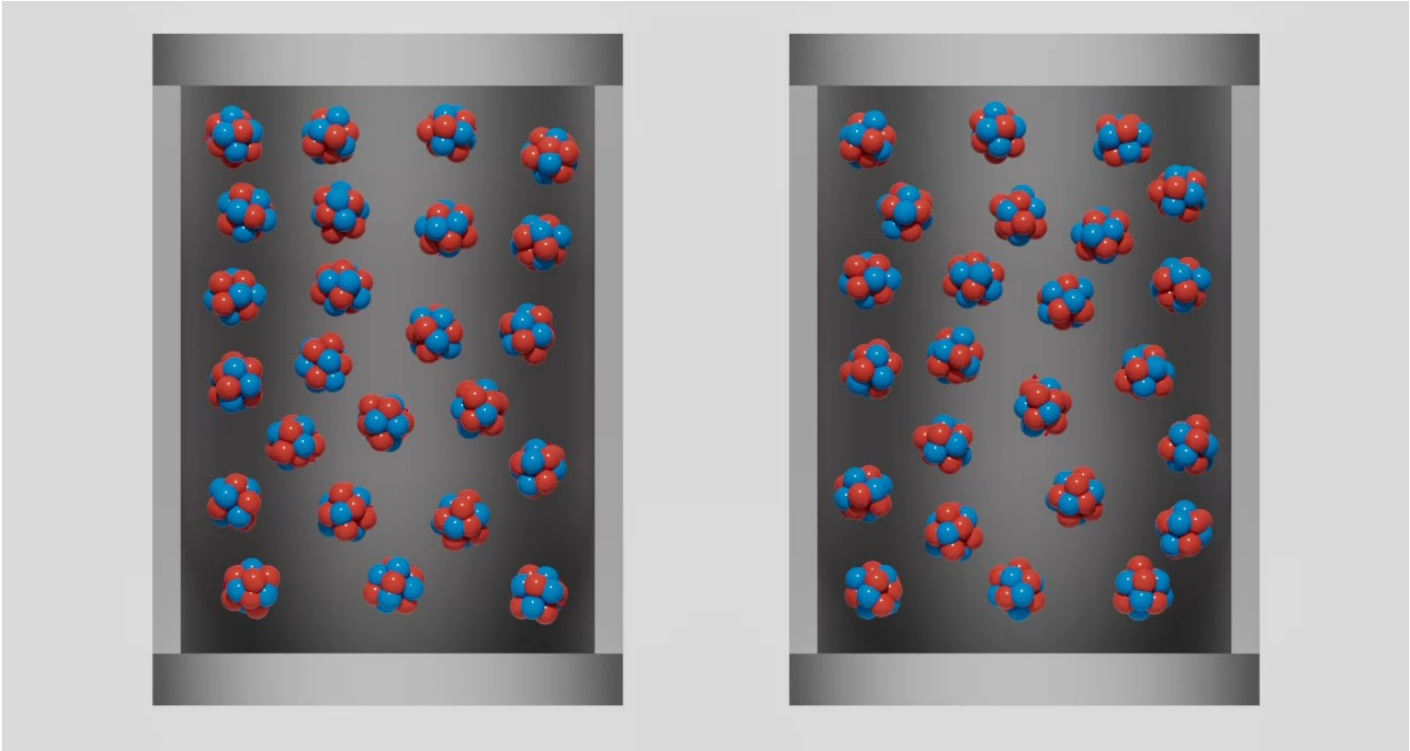
Матеріал і товщину екрана добирають під вид та енергію випромінювання.

Активність радіоактивного джерела

1 Бк = 1 розпад за секунду

Нижча активність

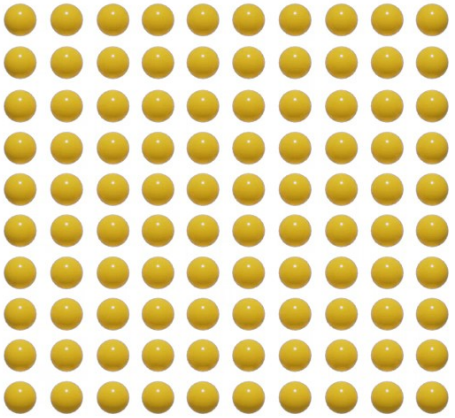
Вища активність

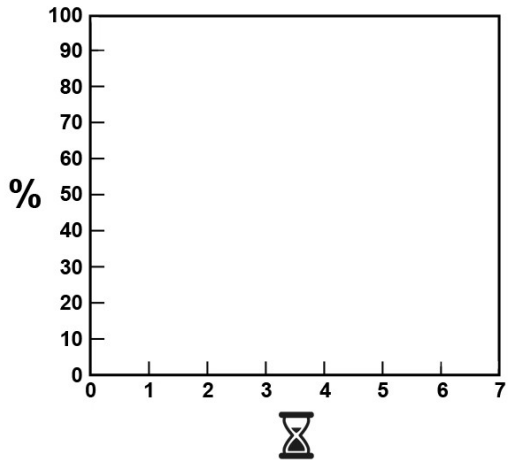


Активність характеризує джерело. Доза людини залежить також від часу, відстані, екранів і виду випромінювання.

Період напіврозпаду

Час, за який активність даного радіонукліда зменшується вдвічі.





Періоди	Активність
0	100 %
1	50 %
2	25 %
3	12,5 %

Період напіврозпаду сам по собі не визначає безпечний час перебування біля джерела.

Доза та потужність дози

Доза

Накопичене опромінення за певний час.
мкЗв, мЗв, Зв

Потужність дози

Швидкість накопичення дози зараз.
мкЗв/год, мЗв/год

1 мЗв = 1000 мкЗв



Показання індивідуального дозиметра характеризують зовнішнє опромінення в межах можливостей приладу.

Опромінення та забруднення



Опромінення виникає в результаті взаємодії випромінювання з тілом.

Забруднення - це радіоактивні речовини, які знаходяться на поверхнях в непередбаченому або небажаному місці.



Радіонукліди всередині організму можуть спричиняти внутрішнє опромінення.

НРБУ-97: категорії осіб

А — персонал

Постійна або тимчасова безпосередня робота з джерелами іонізуючого випромінювання.

Б — персонал

Без прямої роботи з джерелами; додаткове опромінення можливе через розташування робочого місця.

В — населення

Усе населення. Для лімітів оцінюють дози критичних груп.

Залучені до аварійних і рятувальних робіт на цей період прирівнюються до категорії А. НРБУ-97, п. 5.3.10.

НРБУ-97: річні ліміти доз

мЗв за рік • таблиця 5.1 НРБУ-97

Доза / орган	А	Б	В
Ефективна доза E	20*	2	1
Еквівалентна: кришталик ока	150	15	15
Еквівалентна: шкіра	500	50	50
Еквівалентна: кисті та стопи	500	50	—

* Для А: 20 мЗв/рік у середньому за будь-які 5 послідовних років; максимум 50 мЗв за окремий рік.

Як рахувати дозу для порівняння з лімітом

Категорія А: п’ятирічний підсумок

20 × 5 = 100 мЗв за будь-які 5 послідовних років. Водночас за один рік — не більше 50 мЗв.

Ураховують усі індустріальні джерела

Персональний облік охоплює різні завдання й місця роботи, зовнішнє та внутрішнє опромінення.

Медичне та природне опромінення

Дози від медичного обстеження/лікування і природних джерел не входять до цієї суми.

Доза за один вхід, річний підсумок та показання Hp(10) мають різне призначення. НРБУ-97, п. 5.1.3.

Підвищене опромінення, що планується

Окрема процедура • НРБУ-97, п. 5.3

Річна доза	Умова
50–100 мЗв	Спеціальний дозвіл за п. 5.3.5; компенсація: ≤ 200 мЗв за 10 років.
100–250 мЗв	Винятковий дозвіл МОЗ; один раз за всю трудову діяльність.

Планування заборонено для жінок до 45 років і чоловіків до 30 років.
Одноразово ≥ 100 мЗв: вихід із зони та медичне обстеження.

Ці значення потребують окремого обґрунтування й допуску. Порядок для аварійних робіт розглянуто далі. НРБУ-97, пп. 5.3.4–5.3.9.

Аварійні роботи: виняткові умови

Базове правило — ліміти категорії А

До 100 мЗв • п. 7.17

Запобігання тяжким наслідкам, великим колективним дозам або катастрофічному розвитку аварії.
Жінки та чоловіки до 30 років виключаються.

500 мЗв • п. 7.19

Лише для збереження життя: усі можливі заходи, щоб еквівалентна доза будь-якого органа не перевищила 500 мЗв.

Якщо можливо > 50 мЗв: добровільність, медобстеження, підготовка, інформування про ризик і письмова згода. П. 7.18.

Додаткові обмеження та медичний контроль

Особи до 18 років

До роботи з джерелами іонізуючого випромінювання не допускаються. П. 5.2.2.

Жінки дітородного віку категорії А

До 45 років: локальна доза зародка/плоду ≤ 1 мЗв за будь-які 2 послідовні місяці. П. 5.6.2.

Вагітність

Доза зародка/плоду ≤ 2 мЗв за весь період вагітності. Діють також додаткові обмеження надходження. П. 5.6.

Після високих доз подальший допуск визначають із медичним обстеженням та інформуванням про ризик. Пп. 5.3.7, 7.20.

Ліміт дози та контрольний рівень

Нормативний ліміт

Залежить від категорії персоналу та умов опромінення. Для аварійного реагування діють окремі вимоги.

Контрольний рівень для завдання

Визначає умови попередження, виходу та ротації з урахуванням обстановки й уже отриманих доз.

Поріг сигналізації дозиметра

Технічне налаштування, узгоджене з порядком виконання робіт. Його зміна потребує визначених повноважень.

Річний ліміт не використовують як автоматичний дозвіл на одне аварійне завдання.

Захист: час

Менше часу в полі випромінювання



Завдання готують поза зоною. Під час планування враховують вхід, роботу та вихід.

Захист: відстань

Більша відстань від джерела





Маршрут та місце роботи обирають за результатами розвідки. Джерело не беруть до рук.

Захист: екранування

Використання відповідного екрана



Ефективність залежить від матеріалу, товщини та випромінювання. ЗІЗ зменшують забруднення, але не забезпечують значного гамма-захисту.

Відеоприклад роботи біля джерела



Під час перегляду: час у зоні, дистанція, використання екранів, контроль дози.

Індивідуальний електронний дозиметр

У режимі вимірювання контролює накопичену дозу та потужність дози й попереджає про встановлені пороги.



Можливості контролю визначають модель, комплектація та налаштування приладу.

Види контролю під час реагування

Що контролюємо	Яке питання	Засіб
Обстановка	Де й наскільки небезпечне поле?	Вимірювач потужності дози
Індивідуальна доза	Яку дозу отримує конкретний працівник?	Індивідуальний дозиметр
Забруднення	Чи є радіонукліди на шкірі, ЗІЗ, техніці?	Відповідний радіометр

Радіаційний контроль охоплює різні вимірювання. Зовнішню дозу, забруднення та внутрішнє опромінення оцінюють відповідними методами.

Дозиметри: призначення та відмінності

Вибір приладу залежить від завдання

Прилад	Основне призначення	Особливість
ДКГ-21 / ДКГ-21М	Індивідуальний контроль гамма- та рентгенівської дози	Історія дози; інфрачервоне зчитування
DMC 3000	Індивідуальний контроль гамма- та рентгенівської дози	Бета / нейтрони — з відповідними модулями
Kromek D3M	Пошук гамма- та нейтронних джерел; індикація дози	PRD; запис спектрів; USB / Bluetooth

Для офіційного індивідуального обліку перевіряють вимірювану величину, паспорт, метрологічні документи й методику.

ДКГ-21 та ДКГ-21М: індивідуальна доза

Що контролюємо

Індивідуальна доза та її потужність: гамма / рентген.

Світлове й звукове попередження при перевищенні заданих порогів.



Перед входом

Перевірити живлення, самотестування, початкову дозу, одиниці та погоджені пороги.

Історію зчитують через ІЧ-канал із сумісним адаптером/ПЗ. Фото: ДКГ-21 EcotestCARD.

Kromek D3M: пошук і попередження

Гамма + нейтрони

Виявлення джерел і попередження про радіаційну загрозу.

На екрані — накопичена доза та поточні показання.

Спектри можна зберігати для подальшого аналізу.



Фото: D3M із телефоном та Kromek ID. Ідентифікація ізотопів потребує цієї додаткової конфігурації.

Інші прилади радіаційного контролю

Поле • пошук • забруднення

Група / приклади	Для чого застосовують
МКС-05 ТЕРРА РКС-01 СТОРА-АБГ	Розвідка поля; контроль поверхонь із відповідним детектором і методикою.
ДКГ-24 GUARDER Polimaster 1703	Пошук джерел, сигналізація; можливості залежать від модифікації.
FLIR identiFINDER RadSeeker	Спектрометричний пошук та ідентифікація радіонуклідів.

Гамма-дозиметр, пошуковий детектор і радіометр забруднення виконують різні вимірювання.

Зчитування даних: різні прилади

Потрібні сумісні канал обміну та ПЗ

Прилад	З’єднання	Приклад ПЗ
ДКГ-21 / 21М	ІЧ-канал; сумісний USB/IrDA-адаптер	ПДК «ЕКОМОНІТОР» або ПЗ виробника
DMC 3000	Сумісний зчитувач LDM 320 → USB до ПК	DMCUser
Kromek D3M	USB або Bluetooth	CIRIS

Перед зчитуванням звірити дату/час, серійний номер, працівника та межі потрібного інтервалу.

Організація індивідуального контролю

Керівник робіт

Визначає завдання, умови входу та виходу, порядок зв’язку і ротації.

Відповідальний за дозконтроль

Закріплює прилади за працівниками, перевіряє налаштування, зчитує дані та веде облік.

Кожен працівник

Носить свій дозиметр, контролює показання та доповідає про сигналізацію чи несправність.

Під час кожного входу має бути однозначний зв’язок: працівник, серійний номер приладу, завдання, час.

Перед входом у небезпечну зону



1 Завдання і вихід

Визначити маршрут, контрольні рівні, зв’язок та умови припинення робіт.

2 Прилад і працівник

Звірити серійний номер, записати початкові дані та час видачі.

3 Готовність дозиметра

Перевірити живлення, справність, чинність метрологічного контролю та сигналізацію.

4 Режим вимірювання

Підтвердити активний режим і одиниці. Закріпити дозиметр за інструкцією та порядком підрозділу.

Контроль під час виконання робіт

Працівник

Перевіряє дозу та потужність дози.

Стежить за сигналами і станом приладу.

Передає показання за визначеним порядком.

Керівник робіт

Зіставляє показання з обстановкою.

Коригує час, маршрут і ротацію.

Враховує дозу на повернення та попередні входи.

Оцінку часу уточнюють при зміні потужності дози. Дані розвідки та індивідуальні показання доповнюють одне одного.

Дії при сигналізації або несправності

1 **Припинення просування**

Зупинити просування до джерела. Перевірити показання без затримки в зоні.

2 **Доповідь**

Повідомити керівнику місце, показання дози й потужності, тип сигналу або несправності.

3 **Вихід за встановленим порядком**

При досягненні рівня виходу, втраті контролю або несправності вийти визначеним маршрутом.

4 **Перевірка після виходу**

Зафіксувати подію та зберегти дані. Подальші роботи виконувати після рішення керівника.

Планування часу перебування

$$D \approx P \times t$$

Навчальні умови: P = 5 мЗв/год
Залишок до умовного рівня виходу: 1 мЗв

t = 1 / 5 = 0,2 год = 12 хв

12 хв охоплюють увесь шлях у цьому полі.
Якщо вхід і вихід тривають 4 хв, на роботу лишається максимум 8 хв, ще до додаткового запасу.

1 мЗв тут є умовним числом, а не нормативом. Розрахунок припускає сталу потужність дози та не замінює індивідуальний контроль.

Контроль після виходу із зони

1 **Доза та час**

Зафіксувати кінцеві показання, час виходу і повідомлення про події.

2 **Контроль забруднення**

Перевірити особовий склад, ЗІЗ і майно до переходу на чисту ділянку.

3 **Деконтамінація за потреби**

Виконати її у визначеному місці та провести повторний контроль.

4 **Зчитування та облік**

Зберегти дані приладу, оформити запис і оцінити можливість наступного входу.

Контроль радіоактивного забруднення

Об’єкти контролю

Шкіра, одяг, рукавички, взуття, ЗІЗ, обладнання та техніка.

Прилад і методика

Зонд має відповідати випромінюванню. Враховують фон, геометрію та встановлені контрольні рівні.

Результат

Позначають місця забруднення, проводять деконтамінацію за потреби та повторне вимірювання.

Імп/с або імп/хв є швидкістю лічби. Перерахунок у Бк/см² можливий лише за відповідною калібровкою та методикою.

Збереження історії та перевірка записів



1 **Зчитати потрібний інтервал**

Використати сумісне ПЗ. Звірити серійний номер, дату й часовий пояс приладу.

2 **Зв’язати з конкретним працівником**

Порівняти час входу/виходу, початкову й кінцеву дозу, сигнали та перерви в записі.

3 **Зберегти та оформити**

Зберегти початковий файл і звіт/експорт. Внести результат у персональний облік.

4 **Лише потім підготувати нову видачу**

Скидання або зміна налаштувань — після збереження й перевірки, за встановленими повноваженнями.

Облік індивідуальних доз

Працівник	Дозиметр	Вхід / вихід	До, мЗв	Після, мЗв	За вхід, мЗв
Працівник 1	№ умовний	09:00 / 09:08	0,10	0,55	0,45
Працівник 2	№ умовний	09:00 / 09:08	0,20	0,70	0,50

До запису додають дату, місце та завдання, події сигналізації, відповідальну особу й посилання на збережену історію.

При повторних входах ведуть персональний підсумок. Перед скиданням показань дані зберігають і перевіряють.

Приклад роботи відділення РХБЗ

Умовна подія: пошкодження упаковки з джерелом під час перевезення.

1 **Розвідка та організація**

Виміряти обстановку, визначити межі, маршрут і контрольовані точки входу та виходу.

2 **Виконання завдання**

Забезпечити індивідуальний контроль, зв’язок, контроль часу та готовність до ротації.

3 **Завершення входу**

Організувати контроль забруднення, обробку за потреби, зчитування й персональний облік.

Практичне відпрацювання: різні прилади

Підготовка для своєї моделі

Перевірити призначення, живлення, справність, режим, початкові показання та пороги.

Умовне завдання

На ДКГ/DMC — доза й потужність; на D3M — показання, пошукові сигнали та тип події.

Завершення та порівняння

Зчитати дані доступним способом, оформити облік і пояснити відмінності величин.

Сигналізацію відпрацьовують дозволеним функціональним тестом або симуляцією. Умовні показання позначають як навчальні.