

ЛЕКЦІЯ №12
**“Експлуатація джерел
іонізуючих випромінювань”**

Доповідач: к.т.н. викладач Слепужніков Є.Д.

Література:

- Посібник сержанта військ РХБ захисту. –Х.: ХІТВ,2005.
- Закон України “Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання”, від 14 січня 1998 року № 15/98-ВР.
- Постанова від 28 грудня 2000 року № 120 Про затвердження Державних санітарних правил "Основні санітарні правила протирадіаційного захисту України" (ОСПУ).

1 навчальне питання

Радіоактивність

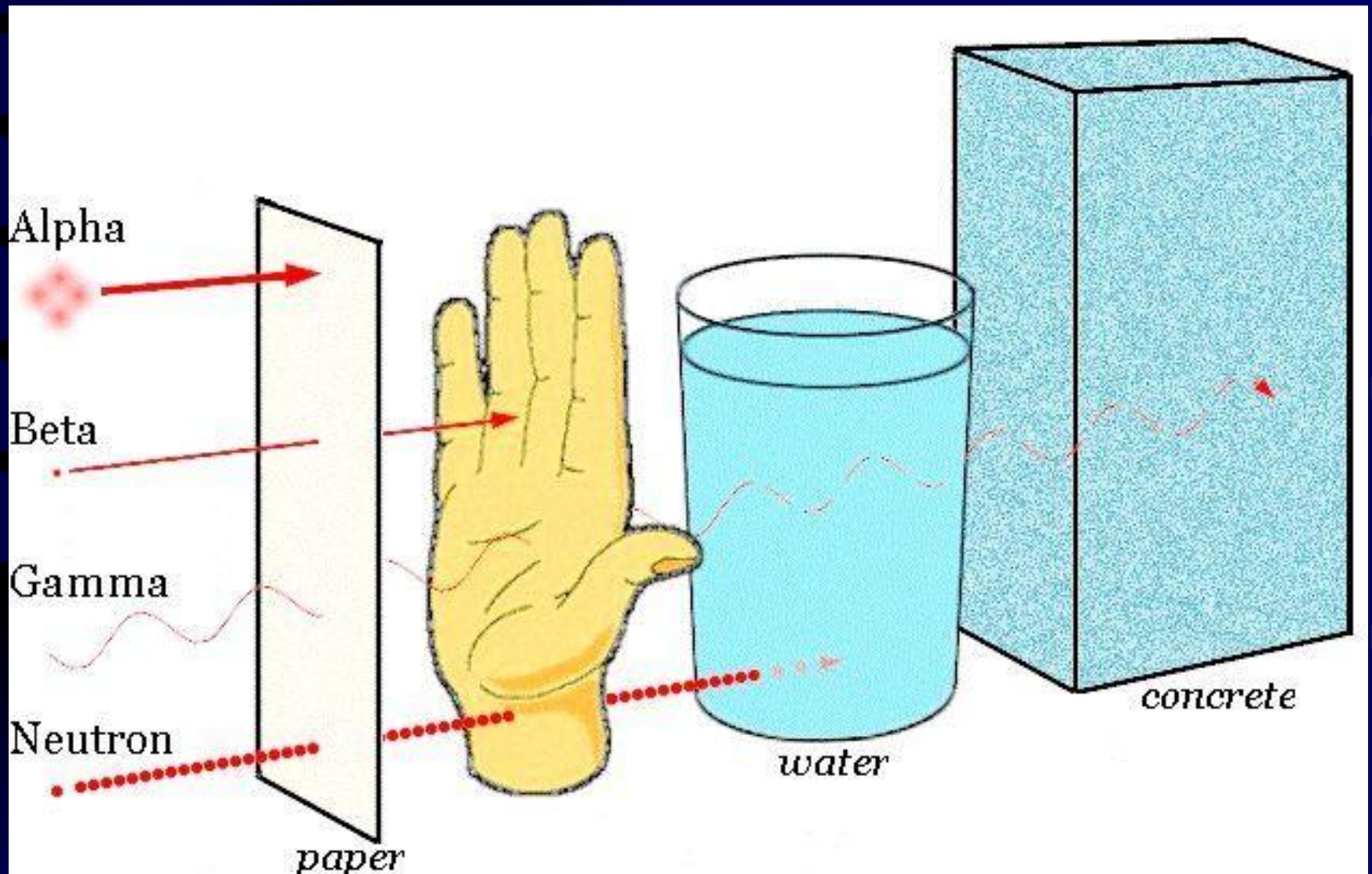
- Ми знаємо, що атоми речовини складаються з ядра і обертаючихся навколо нього електронів. Ядро — це, в принципі, дуже стійке утворення, яке складно зруйнувати. Однак, ядра атомів деяких речовин володіють нестабільністю і можуть випромінювати у простір різну енергію і частинки.
- Це випромінювання називають радіоактивним, і воно включає в себе кілька складових, які назвали відповідно першими трьома літерами грецького алфавіту: α -, β і γ -випромінювання. (альфа-, бета — і гамма-випромінювання). Ці випромінювання різні, різний і їх вплив на людину і заходи захисту від нього.

- Альфа-випромінювання — це потік важких позитивно заряджених частинок. Виникає в результаті розпаду атомів важких елементів, таких як уран, радій і торій. У повітрі альфа-випромінювання проходить не більше п'яти сантиметрів і, як правило, повністю затримується аркушем паперу або зовнішнім омертвілим шаром шкіри. Однак якщо речовина, що випускає альфа-частинки потрапляє всередину організму з їжею або повітрям, вона опромінює внутрішні органи і стає небезпечною.
- Бета-випромінювання — це електрони, які значно менше альфа-частинок і можуть проникати вглиб тіла на кілька сантиметрів. Від нього можна захиститися тонким листом металу віконним склом і навіть звичайним одягом. Потрапляючи на незахищені ділянки тіла, бета-випромінювання впливає, як правило, на верхні шари шкіри.

- Під час аварії на Чорнобильській АЕС у 1986 році пожежники отримали опіки шкіри в результаті дуже сильного опромінення бета-частинками. Якщо речовина, що випускає бета-частинки, потрапить в організм, воно буде опромінювати внутрішні тканини.
- Гамма-випромінювання — це фотони, тобто електромагнітна хвиля, що несе енергію. У повітрі воно може проходити великі відстані, поступово втрачаючи енергію в результаті зіткнень з атомами середовища. Інтенсивне гамма-випромінювання, якщо від нього не захиститися, може зашкодити не тільки шкіру, але і внутрішні тканини. Щільні і важкі матеріали, такі як залізо, і олово, є відмінними бар'єрами на шляху гамма-випромінювання.

- Як видно, альфа-випромінювання за його характеристиками практично не небезпечно, якщо не вдихнути його частинки або не з'їсти з їжею. Бета-випромінювання може викликати опіки шкіри в результаті опромінення. Найбільш небезпечні властивості у гамма-випромінювання. Воно глибоко проникає всередину тіла, і вивести його звідти дуже складно, а вплив дуже руйнівний.
- У будь-якому випадку без спеціальних приладів знати, що за вид радіації присутній в даному конкретному випадку не можна, тим більше, що завжди можна випадково вдихнути частинки радіації з повітрям. Тому загальне правило одне — уникати подібних місць, а якщо вже потрапили, то укутатися як можна великою кількістю одягу і речей, дихати через тканину, не їсти і не пити, і постаратися якнайшвидше покинути місце зараження. А потім при першій же можливості позбавитися від всіх цих речей і добре вимитися.

Проникна дія альфа, бета та гамма випромінювань.



Частинки, які утворюються при розпаді ядер елементів, можуть по-різному взаємодіяти з навколишнім середовищем. Такий зв'язок знаходиться в залежності від маси, заряду, енергії частинок. До властивостей радіоактивного випромінювання можна віднести наступні параметри:

- проникаючу здатність;
- іонізацію середовища;
- екзотермічні реакції;
- вплив на фотоемульсію;
- можливість викликати світіння люмінесцентних речовин;
- при тривалому впливі можливі хімічні реакції і розпад молекул. Наприклад, змінюється колір предмета.

Перераховані властивості використовуються при виявленні випромінювань через нездатність людини вловлювати їх своїми почуттями.

Існують декілька причин випусканням частинок. Це можуть бути земні або космічні об'єкти, які містять радіоактивні речовини, технічні пристрої, що виділяють іонізуючі випромінювання. Також причинами появи радіоактивних частинок можуть бути ядерно-технічні установки, контрольно-вимірювальні пристрої, медичні препарати, руйнування сховищ радіаційних відходів. Небезпечні джерела поділяються на дві групи: Закриті. При роботі з ними випромінювання не проникає в навколишнє середовище. Прикладом буде радіаційна техніка на АЕС, а також апаратура в рентген-кабінеті.

Відкриті. У цьому випадку опроміненню піддається навколишнє середовище. Джерелами можуть бути гази, аерозолі, радіоактивні відходи. Елементи ряду урану, актинія і торію є природними радіоактивними елементами.

При їх розпаді відбувається випромінювання альфа-, бета-частинок. Джерелами альфа-променів є полоній з атомною масою 214 і 218. Останній являє собою продукт розпаду радону. Це отруйний у великих кількостях газ, який проникає з ґрунту і накопичується в підвалах будинків.

Джерела альфа-випромінювання високих енергій являють собою різноманітні прискорювачі заряджених частинок. Одним з таких пристроїв є Фазотрон. Він являє собою циклічний резонансний прискорювач з постійним керуючим магнітним полем. Частота прискорюючого електричного поля буде повільно змінюватися з періодом. Частинки рухаються по розкручується спіралі і прискорюються до енергії, рівної 1 ГеВ.

Знак радіоактивної небезпеки.



2 навчальне питання

Критерії оцінки небезпеки
дії іонізуючого випромінювання

Під час впливу на організм людини іонізуючого випромінювання й радіоактивних речовин виникає ураження цього організму. Ураження є можливим як під час зовнішнього опромінення, тобто у випадку, коли радіоактивне джерело перебуває поза організмом, так і під час потрапляння їх у середину організму через органи дихання (із забрудненим повітрям), травневий тракт (із забрудненою їжею й водою), шкірні покриви й відкриті рани. Під час зовнішнього опромінення найбільшу небезпеку становить гамма- і нейтронне випромінювання, у разі потрапляння радіоактивних ізотопів у середину організму – альфа- і бета випромінювання. Шкідливі наслідки опромінення залежно від низки умов можуть виявитися в найближчі дні й тижні після опромінення або значно пізніше – через багато місяців і навіть років.

Характер променевого ураження залежить від виду випромінювання, тривалості опромінення, розмірів і

ділянки частини тіла людини, що зазнали опромінення, а також від величини поглиненої дози випромінювання. Однак, у більшості випадків, біологічна дія загальної поглиненої дози опромінення знижується у разі збільшення часу опромінення. Так, доза в 1000 рад виявиться смертельною у разі однократного впливу на все тіло, але така ж доза призведе до смерті й виражених розладів в організмі, якщо вона буде поступово сприйнята людиною впродовж 30 років. Доза зовнішнього опромінення, що не призводить до зниження готовності до дій за призначенням особового складу під час однократного опромінення, приймається рівною приблизно 50 рад, а у разі опромінення впродовж трьох місяців – 200 рад і впродовж одного року – 300 рад. Під час опромінення організму його ділянки тіла мають різну чутливість до впливу випромінювань. Найбільш чутливими є ділянка живота, груди й голова.

На ступінь ураження організму впливають його індивідуальні особливості. В одних людей захворювання й смерть можуть наступити після однократного опромінення дозою, що не перевищує 200 рад, у той час як інші залишаться живими після опромінення дозою 400-500 рад. На підставі численних даних, зібраних у Хіросімі й Нагасакі, а також у результаті нещасних випадків, що мали місце в низці країн, встановлено, що у разі загального однократного опромінення поглинена доза опромінення, що є рівною приблизно 500-600 рад, є абсолютно смертельною для людини, якщо вона не зазнала лікування. Доза опромінення близько 400 рад за відсутності лікування призводить до загибелі приблизно 50% потерпілих. Сучасна терапія променевої хвороби за більших доз може врятувати життя значній кількості потерпілих.

Основні дозові межі опромінення населення

Основна дозова межа індивідуального опромінення населення не повинна перевищувати 1 мілізіверта* ефективної дози опромінення за рік, при цьому середньорічні ефективні дози опромінення людини, віднесеної до критичної групи, не повинні перевищувати встановлених цією статтею основних дозових меж опромінення незалежно від умов та шляхів формування цих доз. Дозові межі індивідуального опромінення населення та критерії щільності забруднення ґрунтів на території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи, визначаються законами України та іншими нормативно-правовими актами.

Мілізіверт (мЗв) - похідна від одиниці вимірювання еквівалентної та ефективної дози іонізуючого опромінення - зіверт (Зв) (у системі СІ). Позасистемна одиниця - бер (1 мЗв дорівнює 0,1 бера). (Примітка до частини першої статті 5 в редакції Закону N 2397-III ([2397-14](#)) від 26.04.2001)

Основні дозові межі опромінення персоналу

Основна дозова межа індивідуального опромінення персоналу об'єктів, на яких здійснюється практична діяльність, введених в експлуатацію після набрання чинності цим Законом, не повинна перевищувати 20 мілізівертів ефективної дози опромінення на рік, при цьому допускається її збільшення до 50 мілізівертів за умови, що середньорічна доза опромінення протягом п'яти років підряд не перевищує 20 мілізівертів.

Основна дозова межа індивідуального опромінення персоналу об'єктів, на яких здійснюється практична діяльність, введених в експлуатацію до набрання чинності цим Законом, не повинна перевищувати 50 мілізівертів ефективної дози опромінення за будь-які 12 місяців роботи підряд, з поступовим зменшенням дозової межі опромінення до 20 мілізівертів за рік протягом перехідного періоду.

Залежність між дозою опромінення та наслідками для здоров'я.

Еквівалентна доза		Наслідки радіаційного опромінення
Зіверт	Бер	
1000	100000	Смерть через хвилину після опромінення
100	10000	Смерть через годину після опромінення
10	1000	Смерть через декілька днів після опромінення
7	700	90% смертності через кілька тижнів
4	400	Напівлетальна доза (50% протягом наступних місяців)
2	200	10% смертності в наступні місяці
1	100	Легка променева хвороба з лікуванням. Збільшення ймовірності смерті від раку. Стерилізація чоловіка на 2-3 роки, жінок – назавжди
0,25	25	Максимально доза (рівень допустимого ризику в екстремальних умовах)
0,1	10	Рівень подвоєння природної кількості генних змін (мутацій). Помітні тимчасові зміни характеристики крові
0,05	5	Максимально допустима річна доза для осіб, працюючих з іонізуючими випромінюваннями
0,002	0,2	Розповсюдження для поверхні Землі значення річної дози від наявних природних джерел випромінювання

Зведена таблиця одиниць виміру

Фізична величина	Позасистемна одиниця	Системна одиниця	Перехід від позасистемною до системної одиниці
Активність нукліда в радіоактивному джерелі	Кюрі (Ки)	Беккерель (Бк)	$1\text{Ки} = 3.7 \cdot 10^{10} \text{Бк}$
Експозиційна доза	Рентген (Р)	Кулон / кілограм (Кл / кг)	$1\text{Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{Кл} / \text{кг}$
Поглинута доза	Радий (радий)	Грей (Дж / кг)	$1\text{рад} = 0,01 \text{Гр}$
Еквівалентна доза	Бер (бер)	Зіверт (Зв)	$1\text{бер} = 0,01 \text{Зв}$
Потужність експозиційної дози	Рентген / секунда (Р / с)	Кулон / кілограм в секунду (Кл / кг * с)	$1\text{Р} / \text{с} = 2.58 \cdot 10^{-4} \text{Кл} / \text{кг} * \text{с}$
Потужність поглиненої дози	Радий / секунда (Рад / с)	Грей / секунда (Гр / с)	$1\text{рад} / \text{с} = 0.01\text{Гр} / \text{с}$
Потужність еквівалентної дози	Бер / секунда (бер / с)	Зіверт / секунда (Зв / с)	$1\text{бер} / \text{с} = 0.01\text{Зв} / \text{с}$
Інтегральна доза	Радий-грам (Радий-р)	Грей-кілограм (Гр-кг)	$1\text{рад-г} = 10^{-5} \text{Гр-кг}$

3 навчальне питання

Особливості організації робіт із закритими джерелами іонізуючого випромінювання

Під час роботи з РР і ДІВ (джерелами іонізуючих випромінювань) першочергове значення набуває правильна організація праці, що забезпечує безпеку обслуговуючого персоналу й усього населення в цілому. Правильно організувати роботу із РР – це означає передбачити такий комплекс заходів щодо забезпечення радіаційної (РБЗ), за якого рівні випромінювання від джерел зовнішнього й внутрішнього опромінення не будуть перевищувати регламентовані дозові межі для відповідних категорій осіб і груп критичних органів. До цих заходів належать:

- створення захисту від зовнішніх потоків випромінювання;
- запобігання поширенню РР у робочі приміщення й зовнішнє середовище;
- відповідне планування й обробка приміщень;
- організація необхідного радіаційного контролю й санітарно-пропускного режиму;
- забезпечення необхідних умов транспортування РР;

- збирання й поховання радіоактивних відходів;
- проведення дезактиваційних робіт тощо.

Керівним документом, що регламентує вимоги щодо забезпечення радіаційної безпеки під час роботи з ДІВ, “Основні санітарні правила протирадіаційного захисту України” прийняті у 2000 році (ОСПУ-2000).

ОСПУ-2000 обов'язкові для всіх підприємств і установ, де проводять роботи із РР та іншими ДІВ, а також здійснюється зберігання, транспортування й переробка радіоактивних відходів.

Порушення ОСПУ-2000 тягне дисциплінарну й адміністративну відповідальність, а за найбільш грубі порушення винні притягуються до кримінальної відповідальності.

Роботи з РР і ДІВ проводяться з дозволу й під контролем органів Державного санітарного нагляду, яким надається вся необхідна документація з радіаційної

обстановки на підприємстві або установі та на прилеглій території.

Під час роботи із РР у закритому вигляді, тобто коли конструкція джерела виключає потрапляння РР у навколишнє середовище, персонал може зазнати тільки зовнішнього опромінення.

Під час робіт із закритими джерелами людина зазнає впливу ІВ тільки впродовж того проміжку часу, коли вона перебуває поблизу ДІВ. Захист від зовнішнього опромінення здійснюється шляхом створення стаціонарних або пересувних захисних огорожень, які знижують рівень опромінення до регламентованих меж.

До стаціонарних захисних огорожень належать:

- захисні стіни;
- перекриття підлоги й стелі;
- двері й дверні прорізи;

- оглядові вікна;

До пересувних:

- ширми різного типу;

- екрани;

- тубуси й діафрагми рентгенівських, гамма- та інших установок, що обмежують пучок променів;

- контейнери для транспортування РР. Застосування таких або інших захисних пристроїв і способів захисту залежить від призначення ДІВ й умов їх експлуатації.

Спеціальні заходи захисту варто передбачати тільки тоді, коли потужність дози на відстані 0,1 м. від джерела перевищує 10 мЗв/год (0,1 мбер/год). У цьому випадку всі ДІВ в неробочому положенні повинні перебувати в захисних пристроях. Передбачаються також системи дистанційного переміщення джерел з положення зберігання в робоче положення.

Мілізіверт на годину (мЗв / год) - похідна одиниця Міжнародної системи одиниць (СІ) для вимірювання потужності поглиненої дози іонізуючого випромінювання. Для вимірювання еквівалентної дози іонізуючого випромінювання в Міжнародній системі одиниць (СІ) використовується зіверт (Зв). 1 зіверт - це кількість енергії, поглинене кілограмом біологічної тканини, що дорівнює по впливу поглиненої дози гамма-випромінювання в 1 Гр. Тому через інші одиниці СІ зіверт можна виразити як $1 \text{ Зв} = 1 \text{ Дж} / \text{кг}$. Отже, $1 \text{ Дж} / \text{кг} \cdot \text{с} = 1 \text{ Зв} / \text{с} = 3,6 * 10^4 \text{ мЗв} / \text{год}$.

Пробіг альфа-частинок, що випускають РР, дуже малий, тому немає необхідності в захисті від зовнішнього опромінення альфа-частинками. Досить перебувати на відстані 9-10 см від радіоактивного препарату, і жодна альфа-частинка не потрапить на тіло працюючого. Одяг, гумові рукавички повністю захищають від зовнішнього опромінення альфа-частинками.

Для захисту від зовнішнього опромінення бета- частинками необхідно вести операції із РР за спеціальними екранами (ширмами) або в спеціальних захисних шафах. Товщина захисних екранів повинна бути більше максимального пробігу бета- частинками. Зберігати бета- активні радіонукліди потрібно в посудинах або контейнерах з відповідною товщиною стінки.

Як захисний матеріал використовують зазвичай плексиглас, алюміній і скло. Товщину захисту (г/см^2) можна визначити за формулою:

$$d=(0,54 E_{\max} - 0,16)$$

де E_{\max} – максимальна енергія бета- спектра даного радіонукліда, MeV.

Максимальна енергія бета- частинок, що випускаються відомими на цей час радіонуклідами, не перевищує 3 MeV. Для таких бета- частинок товщина захисного екрана становить 1,5 см води, 0,66 см алюмінію та 0,19 см заліза.

Під час розрахунку товщини пристрою від гамма-випромінювання необхідно враховувати спектральний склад випромінювання, потужності ДІВ, а також відстань, на якій перебуває обслуговуючий персонал, і час перебування його в середовищі впливу випромінювання.

Для забезпечення розрахунків у низці керівництв додаються різні номограми й таблиці, що дозволяють безпосередньо визначити товщину захисту для рентгенівського й гамма-випромінювання різного спектрального складу й різних умов роботи, що забезпечують зниження рівня випромінювання до регламентованих значень.

Як захист від рентгенівського й гамма-випромінювання, можна використовувати будь-яку речовину. Однак під час вибору захисного матеріалу треба керуватися його конструктивними властивостями, а також вимогами до геометричних розмірів і маси.

Таким чином, під час роботи із закритими джерелами випромінювання основними вимогами щодо забезпечення безпечних умов праці будуть: облаштування захисних огорожень, що забезпечують зниження дози зовнішніх потоків випромінювання на робочих місцях і сусідніх приміщеннях до допустимих рівнів; використання захисту часом і захисту відстанню. Це необхідно для того, щоб за час проведення тієї або іншої операції не відбулося переопромінення персоналу й обмеженої частини населення.