

УДК 621.36

DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.2.1/08>**Скакун О.В.**Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз  
Служби безпеки України**Сивобородько А.В.**Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз  
Служби безпеки України

## ОГЛЯД ПОРТАТИВНИХ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ

*Стаття присвячена оглядовому аналізу портативних сучасних засобів вимірювальної техніки для екологічного контролю.*

*Дано визначення таких важливих понять, як екоцид, екологічний контроль та екологічний моніторинг. Розглянуті питання екологічної безпеки в Україні. Відмічені потенційні напрямки та шляхи розвитку екологічного контролю в цивілізованому суспільстві.*

*Наведена класифікація засобів вимірювальної техніки, що застосовуються або можуть бути використані для екологічного контролю. Коротко описані універсальні та спеціалізовані засоби вимірювальної техніки для екологічного контролю, визначені перспективи та тенденції їх розвитку. Виконано огляд наукових праць та інших інформаційних масивів щодо засобів вимірювальної техніки для екологічного контролю.*

*Основний матеріал дослідження в запропонованій статті присвячений аналізу портативних сучасних засобів вимірювальної техніки для екологічного контролю, які виробляються провідними фірмами Європейського співтовариства та компаніями розвинутих країн Азії.*

*Проаналізовано особливості сучасних засобів вимірювальної техніки для контролю:*

*1) радіаційного стану навколишнього середовища;*

*2) стану чистоти повітря та наявності в ньому різних шкідливих складових.*

*Також у статті наведені марки (типи) та параметри портативних засобів вимірювальної техніки, які автори рекомендують використовувати для екологічного контролю.*

**Ключові слова:** екоцид, екологічний контроль, екологічний моніторинг, засіб вимірювальної техніки, класифікація засобів вимірювальної техніки для екологічного контролю, універсальні та спеціалізовані засоби вимірювальної техніки для екологічного контролю, перспективи та тенденції розвитку засобів вимірювальної техніки для екологічного контролю.

**Постановка проблеми.** Із початку повномасштабного вторгнення Росії на територію України, дії російської окупаційної армії спричинили масштабне забруднення ґрунтів, повітряних мас, водних ресурсів, а також призвели до загибелі дуже великої кількості як свійських, так і диких тварин.

Так, з метою створення умов радіаційної загрози та паніки, в місті Києві у березні 2022 року російською армією вчинено підпалювання лісових масивів в Зоні відчуження Чорнобильської АЕС.

Вищезазначені дії армії Російської Федерації можливо трактувати як екоцид. Таки дії заборонені міжнародним правом.

Отже, жертвами російської військової агресії стали не лише люди, а й довкілля в Україні. Росія маніпулює екологічною безпекою. Такими діями вона загрожує кліматичній безпеці всього люд-

ства. Таким чином, після звільнення від ворога українських земель, задачі екологічного контролю стають першочерговими. Найбільш актуальні напрямки наступні: рівень радіаційного забруднення та запиленість атмосферного повітря.

Зазвичай екологічний контроль здійснюють за допомогою різноманітних засобів вимірювальної техніки (ЗВТ). Рекомендаціям щодо вибору портативних ЗВТ для екологічного контролю і присвячена ця стаття.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідженням актуальних проблемних питань з екологічної безпеки займалися такі вітчизняні науковці як О.М. Адаменко, Я.О. Адаменко, Л.М. Архипова [1], О.М. Адаменко, Л.В. Міщенко [2], І.М. Хилько [3], Л.Д. Яценко [4], В.М. Трегубчук [5] та інші. Вагомим є також внесок зарубіжних вчених. Це, зокрема, ґрунтовні праці

А.З. Вартанова, А.Д. Рубана, В.Л. Шкуратника [6], Е.Н. Озяковой [7].

Але питання обґрунтування та вибору сучасних ЗВТ для екологічного контролю, та рекомендацій щодо їх застосування в працях вищезазначених дослідників описані досить поверхнево або зовсім не розглянуті.

Існує досить значна кількість інших публікацій, які мають, як правило, інформаційно-довідковий (інколи рекламний) характер, або розміщені на електронних ресурсах провідних виробничих та дистриб'юторських компаній, що спеціалізуються на проектуванні, виробництві та (або) постачанні різноманітних ЗВТ [8, 9, 10].

**Постановка завдання.** Мета цієї статті – надати лаконічні описи та запропонувати певні рекомендації щодо вибору та оптимального застосування портативних сучасних ЗВТ для задач екологічного контролю. Автори розглядають лише технічні складові екологічного контролю, юридичні нюанси потребують окремих ґрунтовних досліджень.

**Виклад основного матеріалу.** В результаті воєнної агресії Росії природне середовище в Україні масштабно забруднене величезною кількістю різноманітних токсичних хімічних елементів, речовин та сполук. У цих умовах надзвичайно актуальним є завдання забезпечення в Україні екологічної безпеки населення. Загальновідомо, що найбільш ефективними засобами щодо запобігання екологічним катастрофам є методи та засоби спостереження за станом довкілля.

**Методи та засоби спостереження і контролю за станом навколишнього середовища**  
Для отримання об'єктивної інформації про стан і рівень забруднення різних об'єктів навколишнього середовища необхідно мати надійні засоби і методи екологічного контролю.

Екологічний контроль – комплекс заходів за станом контролю та нагляду за довкіллям з метою перевірки планів і заходів щодо збереження та раціонального використання природних ресурсів, дотримання чинного законодавства в цій сфері та прийнятих нормативів якості навколишнього середовища. Здійснюється органами державної служби на всіх рівнях, а також громадськими та політичними організаціями [11].

Засоби екологічного контролю та спостереження поділяють на контактні, дистанційні (неконтактні) та біологічні, а контрольовані показники – на структурні (абсолютні (та) або відносні значення хімічних, фізичних або біологічних величин – рівень концентрації забруднюючої

речовини, коефіцієнт сумарного забруднення (та інші) та функціональні (продуктивність процесу, вірогідна оцінка кругообігу речовин та інші) [12].

Більш високим системним рівнем екологічного контролю є екологічний моніторинг, моніторинг довкілля, екомоніторинг – комплексна науково-інформаційна система регламентованих періодичних безперервних, довгострокових спостережень, оцінки і прогнозу змін стану природного середовища з метою виявлення негативних змін і вироблення рекомендацій з їх усунення або ослаблення [6, 12].

**Контактні методи контролю довкілля**  
Контактні методи контролю навколишнього середовища можливо структурувати як класичні методи хімічного аналізу та сучасні методи інструментального аналізу. Класифікація контактних методів контролю наведена на Рис. 1.

Найчастіше застосовуються спектральні, електрохімічні та хроматографічні методи аналізу об'єктів навколишнього середовища (Рис. 2).

**Дистанційні методи контролю навколишнього середовища**

Контактні методи спостережень та контролю за станом природного середовища доповнюються неконтактними (дистанційними), що ґрунтуються на використанні двох властивостей зондувальних полів (електромагнітних, акустичних, гравітаційних): здійснювати взаємодії з контрольованим об'єктом та переносити отриману інформацію до датчика.

Автори статті пропонують аналіз сучасних засобів вимірювальної техніки, що використовуються для контактних методів контролю як найменш дорогі: 1) радіаційного стану навколишнього середовища; 2) стану чистоти повітря та наявності в ньому різних шкідливих складових.

Контроль радіаційного стану довкілля Російська агресія в Україні призводить до збільшення кількості виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру, особливо в сфері радіаційного стану довкілля. Бойові дії безпосередньо впливають на формування радіоекологічної ситуації на території нашої країни. Під загрозою потенційної аварії знаходиться найбільша в Європі Запорізька АЕС, де вже декілька місяців «хазяйнують» окупанти. Це вимагає дослідження стану техногенно-екологічної небезпеки для навколишнього середовища.

Основним показником небезпеки радіоактивних речовин є **випромінювання**. Випромінювання радіоактивних речовин можуть бути трьох видів: гама,

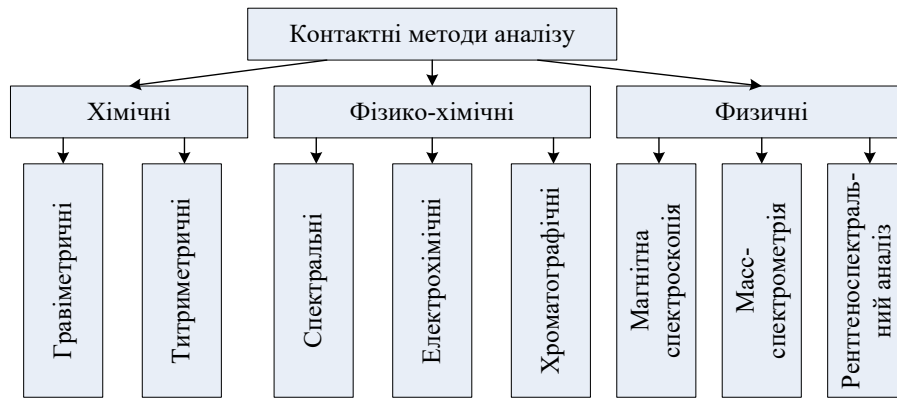


Рис. 1. Класифікація контактних методів контролю

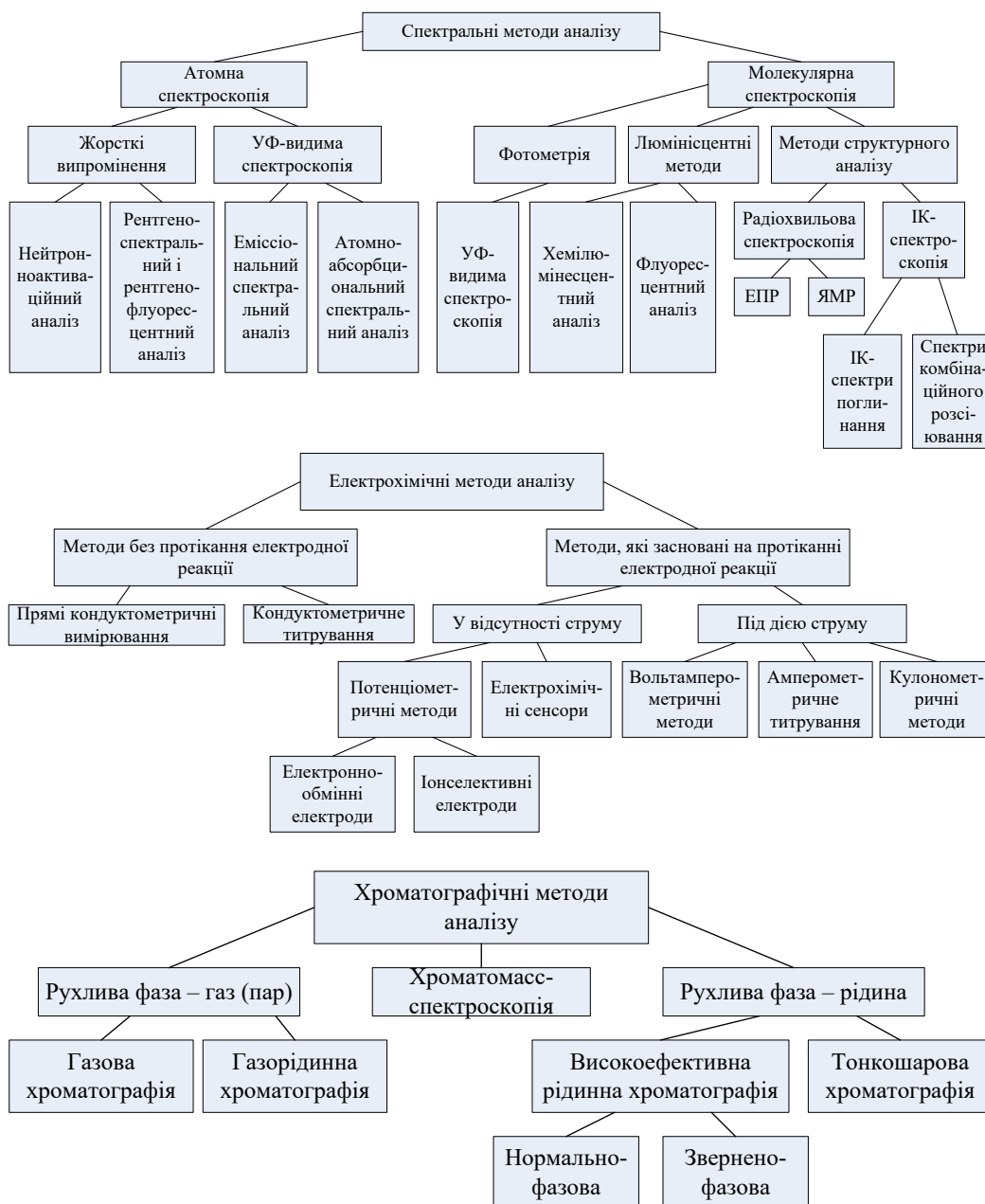


Рис. 2. Методи аналізу об'єктів навколишнього середовища

бета, альфа [13]. Гама-випромінювання ( $\gamma$ ) – це електромагнітні хвилі, аналогічні рентгеновським променям. Поширюються в повітрі зі швидкістю 300 000 км/с. Проникають через товщу різноманітних матеріалів. Небезпечні для людей, іонізують клітини організму. Бета-випромінювання ( $\beta$ ) – це потік електронів, які називаються бета-частинками. Швидкість їх руху досягає швидкості світла. Проникаюча здатність їх менша за гама-випромінювання, але іонізуюча дія в сотні разів більша. Альфа-випромінювання ( $\alpha$ ) – це потік ядер атомів гелію, які називають альфа-частинками. Найважлива висока іонізуюча дія. Область розповсюдження частинок у повітрі сягає всього 10 см, а в твердих та рідких тілах – ще менше.

Основною фізичною дозиметричною величиною, що використовується для оцінки міри дії випромінювання на середовище, є поглинута доза випромінювання.

Операційні величини, які використовуються при контролі середовища включають в себе амбієнтний еквівалент дози і напрямлений еквівалент дози. Амбієнтний еквівалент дози  $H^*(10)$  – еквівалент дози в точці поля випромінювання, що створюється відповідно розширеним і вирівняним полем випромінювання в сфері з м'якої біологічної тканини (сфері МКРЕ) на глибині 10 мм по радіус-вектору, який має протилежний до поля напрямок. Направлений еквівалент дози  $H'(d, \Omega)$  – величина еквівалентної дози в точці поля випромінювання, що створюється відповідним розтягуванням поля всередині сфери МКРЕ на глибині  $d$  в заданому напрямку  $\Omega$  по радіусу. Індивідуальний еквівалент дози  $H_p(d)$  – еквівалент дози в сфері МКРЕ на відповідній глибині  $d$  в певній точці тіла людини. Точкою на тілі людини зазвичай вибирають місце, де носить індивідуальний дозиметр. Одиницею вимірювання цих величин є зіверт (Зв). Зіверт (Зв) – одиниця еквівалентної дози іонізаційного випромінювання у системі SI [14].

**Індивідуальна дозиметрія** є дуже важливою частиною персонального захисту від негативних наслідків радіаційного опромінення. Вона включає: радіометричний контроль за забрудненістю шкіри і засобів індивідуального захисту; контроль за характером, динамікою і рівнями надходження радіоактивних речовин в організм з використанням методів прямої і непрямой радіометрії; контроль за дозами зовнішнього  $\beta$ -,  $\gamma$ - і рентгеновського випромінювань, а також нейтронів з використанням індивідуальних дозиметрів або розрахунковим шляхом.

Додатковими джерелами радіаційного навантаження є штучні радіонукліди, які потрапили в довкілля внаслідок вибухів воєнних ядерних пристроїв, радіаційних аварій, а також при мирному використанні атомної енергії.

Для виявлення та вимірювання радіоактивних випромінювань, радіоактивного забруднення різноманітних предметів, місцевості, продуктів харчування, фуражу, води застосовуються *прилади радіаційної розвідки*; для вимірювання поглинутих доз опромінення – *прилади дозиметричного контролю (контролю опромінення)* [15].

*Радіаційна розвідка* – комплекс вимірювань потужності іонізуючих випромінювань та ступеня зараження місцевості і об'єктів радіоактивними ізотопами. *Дозиметричний контроль* – комплекс організаційних і технічних заходів щодо визначення доз опромінення людей. Дозиметричний контроль проводиться з метою кількісної оцінки ефекту впливу на людей іонізуючого випромінювання.

*Дозиметричний прилад* – це прилад для оцінки іонізуючих випромінювань. Дозиметричний прилад забезпечує ведення радіаційної розвідки, дозиметричного контролю радіаційного опромінення людей, визначення радіоактивного забруднення навколишнього середовища.

Дозиметричні прилади за своїм призначенням поділяються на *чотири типи: індикатори, рентгенометри, радіометри, дозиметри* [14, 15].

*Індикатори* застосовують для виявлення радіоактивного забруднення місцевості та різних предметів. Деякі з них дають змогу також вимірювати рівні радіації  $\beta$ - і  $\gamma$ -випромінювань. Датчиком служать газорозрядні лічильники. До цієї групи приладів належать індикатори ДП-63, ДП-63А, ДП-64.

*Рентгенометри* призначені для вимірювання рівнів радіації на забрудненій радіоактивними речовинами місцевості. Датчиками в цих приладах застосовують іонізаційні камери або газорозрядні лічильники. Це загальноїсськовий рентгенметр ДП-2, рентгенметр «Кактус», ДП-3, ДП-3Б, ДП-5ВБ (А, Б, В) та ін.

*Радіометри* використовують для вимірювання ступеня забруднення поверхонь різних предметів радіоактивними речовинами. Датчиками радіометрів є газорозрядні і сцинтиляційні лічильники. Найбільш поширені прилади цієї групи ДП-12, бета-, гама-радіометр «Луч-А», радіометр «Тиса», радіометричні установки ДП-100М, ДП-100АДМ та ін.

*Дозиметри* призначені для вимірювання сумарних доз опромінення, одержаних особовим складом формувань ЦЗ та населенням, головним чином  $\gamma$ -опромінення. Вони поділяються за видом вимірюваних випромінювань  $\gamma$ -,  $\beta$ -частинок та нейтронного потоку. У дозиметрах індивідуального призначення датчиками служать іонізаційні камери, газорозрядні, сцинтиляційні та фотолічильники.

В основу роботи сучасних дозиметричних приладів покладені наступні методи: *фотографічний*,

хімічний, сцинтиляційний, іонізаційний. Фотографічний метод засновано на впливі іонізуючих випромінювань на світлочутливий шар фотоплівки, щільність потемніння якої пропорційна дозі опромінення. Хімічний метод ґрунтується на здатності іонізуючих випромінювань спричинювати хімічні зміни деяких речовин, що супроводжуються появою нового забарвлення розчину цих речовин. Сцинтиляційний метод використовує явище світіння (сцинтиляції) деяких речовин під впливом іонізуючих випромінювань. Кількість спалахів пропорційна інтенсивності випромінювання. Іонізаційний метод використовує явище іонізації атомів речовин під впливом іонізуючого випромінювання, внаслідок якого електрично нейтральні атоми розпадаються й утворюють іони. Якщо в опромінювану речовину помістити електроди і подати напругу постійного струму, то виникає іонний струм, сила якого пропорційна інтенсивності випромінювання. Цей метод використовують в усіх дозиметричних приладах.

Прилади радіаційної розвідки призначені для вимірювання потужності іонізуючих випромінювань та ступеня зараження місцевості та об'єктів радіоактивними ізотопами. До цієї групи приладів відносяться індикатори-сигналізатори, радіометри і рентгенометри: військового та промислового призначення ДП-5ВБ (А, Б, В), ДП-64, ДП-3Б, ІМД-21, СРП-68, СРП-88; побутові дозиметри: «Рось», РКС-104, ДРГ-01Т, Кадмій (ДКС-02К), ДСК-04 («Стриж»); радіометри: «Прип'ять», «Десна», «Бриз»; дозиметри-радіометри «Белла», «Стора-Т» (РКС-01), «Терра» (МКС-05), «Селвіс» (ДКС-ОЩ), «Пошук» (МКС-07), МКС-У та багато інших вітчизняного та закордонного виготовлення.

Прилади дозиметричного контролю (контролю опромінення) призначені для вимірювання доз опромінення людей, які знаходяться на забрудненій місцевості або під впливом проникаючої радіації, під час праці з радіоактивними речовинами. До цієї групи приладів відносять індивідуальні дозиметри: ДП-22В, ДП-24, ІД-1, ІД-11 та ряд універсальних сучасних приладів, які можливо використовувати в побутових умовах, типу «Стора-Т» (РКС-01), «Терра» (МКС-05), «Селвіс» (ДКС-01М).

Принципова схема будь-якого дозиметричного або радіометричного приладу однакова. Вона включає в себе три обов'язкових ланки: детекторний блок (детектор), реєструвальний пристрій (індикатор) і вузол живлення (акумулятори, батарейки, елементи живлення, тощо). Хоча сучасний прилад може мати багато додаткових блоків, пристроїв або систем (наприклад: підсилювачі, перетворювачі, стабілізатори, накопичувачі інформації). За конструктивними особливостями дозиметричні і радіометричні прилади поділяються на: порта-

тивні (кишенькові), переносні та стаціонарні. Ці прилади характеризуються певними технічними параметрами: чутливістю, часом розрізнення, відтворенням результатів вимірювань, температурою і механічною стійкістю. Чутливість приладу – величина нижньої межі випромінювання, яка стійко реєструється приладом. Час розрізнення – найменший час, за який два імпульси, що йдуть один за одним, реєструються окремо. Температурна стійкість – здатність приладу давати стійкі показання при різних температурах. Механічна стійкість приладу характеризує його здатність протистояти різним механічним впливам без зміни точності показань.

На сьогоднішній день на ринку України існує широкий вибір портативних дозиметричних та радіометричних приладів (таблиця 1).

На думку авторів статті на увагу заслуговують дві моделі: напівпрофесійний дозиметр METRINCO R600UA та професійний дозиметр-радіометр МКС-05 «Терра». Пропонуємо їх докладний опис.

METRINCO R600UA – портативний ЗВТ для оперативного контролю рентгенівського, гамма та бета-випромінювання [16]. Має високі метрологічні характеристики, може працювати як від батарейок, так і в стаціонарному режимі (через роз'єм USB-C). Здатен міряти накопичену дозу, оснащений звуковою сигналізацією порогу перевищення потужності або перевищення дози.

R-600UA оснащений енергокомпенсованим лічильником Гейгера-Мюллера, що має широкий діапазон та високу точність вимірювання. Зручне зчитування результатів вимірювання забезпечується 32-розрядним мікропроцесором, досить великим РК-дисплеєм з роздільною здатністю 64 x 128 та вбудованою сигналізацією з регулюванням порогів спрацювання.

У вбудованій пам'яті пристрою зберігаються дані про накопичене значення дози, поріг сигналізації потужності дози та порогове значення дози, які не будуть втрачені після вимкнення живлення. Прилад може працювати від 3 батарейок типу ААА або від вбудованого акумулятора, який можна заряджати через USB-роз'єм.

Вбудовані функції ЗВТ: індикація низького заряду акумулятора, звукова сигналізація при перевищенні допустимих меж вимірювання потужності випромінювання та значення дози, відображення кривої потужності дози в режимі реального часу, функція включення/вимкнення підсвічування РК-дисплею, вимірювання потужності дози в режимі реального часу, одночасний запис кумулятивної дози та перегляд дати початку вимірювання поточної сукупної дози.

№ з/п	Тип моделі та назва приладу	Виробник	Основні параметри
1	СТОРА-ТУ РКС-01 Дозиметр-радіометр	Ecotest, Україна	Тип детектора: лічильник Гейгера-Мюллера; тип випромінювання: гамма, бета; одиниці вимірювання: мкЗв/год, МеВ; діапазон потужності еквівалентної дози гамма-випромінювання: 0.1 ... 999.9 мкЗв/год
2	WALCOM FS2011 Дозиметр-радіометр	WALCOM, Китай	Тип детектора: лічильник Гейгера-Мюллера; тип випромінювання: гамма, бета, рентгенівське; одиниці вимірювання: мкЗв/год; діапазон потужності еквівал. дози гамма-випромінювання: 0.01 ~ 1000 мкЗв/год
3	РКС-01 СТОРА-АБГ Радіометр-дозиметр	Ecotest, Україна	Тип детектора: лічильник Гейгера-Мюллера; тип випромінювання: гамма, бета, рентгенівське, альфа; одиниці вимірювання: мкЗв/г, Рентген (Р), МеВ, Бк/см <sup>2</sup> ; <b>діапазон вимірів ПАЕД фотонного іонізуючого випромінювання: 0,1 ... 100 000 мкЗв/год</b>
4	METRINCO R600UA Дозиметр	METRINCO Китай	Тип детектора: лічильник Гейгера-Мюллера; тип випромінювання: гамма, бета, рентгенівське; діапазон вимірювання: 0,1 мкЗв/год ~ 10 мЗв/год
5	МКС-05 «Терра» Дозиметр-радіометр	Ecotest, Україна	Тип детектора: лічильник Гейгера-Мюллера; тип випромінювання: гамма, бета, рентгенівське; діапазон вимірювання: 0,1...9 999 мкЗв/год



Рис. 3. Дозиметр METRINCO R600UA

в закладах охорони здоров'я, кабінетах променевої терапії, наукових лабораторіях, атомних електростанціях, для інспекції імпортованих та експортних товарів, для перевірки будівельних матеріалів, брухту чавуну та сталі, для промислового неруйнівного контролю іонізуючого випромінювання, радіаційних агентів отриманих особами під посиленням наглядом і захистом тощо.



Рис. 4 Дозиметр-радіометр МКС-05 Терра

рювальної техніки і може використовуватися в сфері законодавчо регульованої метрології.

### Дозиметр METRINCO R600UA

(рис. 3) досить широко використовується для виявлення радіації в житлових приміщеннях та будинках, на підприємствах нафтохімічної промисловості, при геологічних дослідженнях,

**Професійний дозиметр-радіометр МКС-05 Терра** (рис. 4) (інша назва – Терра-О) – всесвітньо відомий продукт торгової марки ЕКО-ТЕСТ, який експортується у понад 70 країн [17]. Це професійний прилад для здійснення офіційних замірів, який вимірює рівень гамма-фону, бета-забруднення, накопичену дозу та час її накопичення. Оперативна оцінка гамма-фону здійснюється протягом 10 секунд. Даний дозиметр є засобом вимі-

Прилад призначений для вимірювання: потужності амбієнтного еквівалента дози гамма- та рентгенівського випромінювань; амбієнтного еквівалента дози гамма- та рентгенівського випромінювань; поверхневої густини потоку частинок бета-випромінювання; часу накопичення амбієнтного еквівалента дози; реального часу (годинник).

Переваги МКС-05 Терра: наявність п'яти незалежних вимірювальних каналів з почерговим виведенням інформації на один рідкокристалічний індикатор; автоматичне віднімання гамма-фону при вимірюванні бета-забрудненості; усереднення результатів вимірювань з можливістю ручного та автоматичного його переривання; автоматичний вибір інтервалів та діапазонів вимірювань; звукова сигналізація кожного зареєстрованого гамма-кванта чи бета-частинки з можливістю її відключення; двотональна звукова сигналізація перевищення запрограмованих порогових рівнів.

Прилад використовується: для дозиметричного і радіометричного контролю на підприємствах; для екологічних досліджень: контролю радіаційної чистоти житлових приміщень, будівель і споруд, прилеглих до них територій, предметів побуту, одягу, будматеріалів, поверхні ґрунту на присадибних ділянках та в домогосподарствах, транспортних засобів; як наочний засіб для учбових установ.

Фахівці Українського науково-дослідного інституту спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України протягом п'ятнадцяти років успішно використовують у роботі дозиметр-радіометр МКС-05 Терра.

### Контроль стану чистоти повітря

Якість атмосферного повітря – надважливого природного ресурсу – впливає на природні еко-

системи, стан клімату і, через природні ланцюги, на всі компоненти довкілля.

В Україні за правове регулювання у сфері якості атмосферного повітря відповідають Закон України «Про охорону атмосферного повітря» від 16.10.1992 № 2707-ХІІ в редакції від 2001 р. та ще п'ять підзаконних актів.

Основною метою аналізу атмосферного повітря, є визначення його відповідності санітарно-гігієнічним нормам, зокрема порівнюють одержані результати аналізу з відповідними значеннями граничнодопустимих концентрацій (ГДК) для забруднюючих речовин [3].

При одночасній наявності у повітрі декількох забруднювальних речовин оцінку якості атмосферного повітря слід проводити з врахуванням характеру їх комплексної дії на організм людини. В окремих випадках, при одночасній присутності у повітрі кількох забруднювальних речовин, може спостерігатись явище потенціювання або синергетизму. Під потенціюванням розуміють взаємне підсилення впливу двох або більшої кількості забруднювальних повітря речовин, при якому сумарний ефект їхньої шкідливої дії перевищує суму ефектів, що виникають при ізольованій дії кожного з цих забруднювальних повітря речовин. Величини ГДК забруднювальних повітря речовин періодично переглядаються з врахуванням нових даних про токсичність відомих речовин, а переліки поповнюються новими шкідливими речовинами.

Результатом порівняння фактичних та гранично допустимих концентрацій є значення кратності перевищення ГДК. Воно дає можливість оцінити рівень впливу окремих речовин на здоров'я людини. Однак, порівняння таких показників є не коректними, оскільки різні речовини мають різну шкідливість. Впоратися з цим обмеженням допомагає розрахунок *індексу якості повітря* (англ. *Air quality index, AQI*). ця аббревіатура використовується практично в усіх країнах для інформування громадськості про рівень забруднення повітря. Окрім порівняння фактичної концентрації до граничної, він враховує клас небезпечності. *Комплексний індекс якості повітря* дозволяє оцінити забруднення певного місця від різних речовин.

Спостереження за вмістом забруднюючих речовин у повітрі України є повноваженням Українського гідрометцентру, який є підрозділом Державної служби з надзвичайних ситуацій у складі Міністерства внутрішніх справ. Спостереження за концентраціями *пилу, діоксиду сірки, оксиду вуглецю, діоксиду азоту, свинцю та його неорганічних сполук, бенз(a)пірену, формальдегіду*

*та радіоактивних речовин* є обов'язковими. Інші речовини можуть бути включені до програми спостережень за рішенням органів місцевого самоврядування відповідно до специфіки екологічної ситуації.

Окрім того при певних умовах, також і в результаті бойових дій, можливе створення *вибухонебезпечного пилу та пожежонебезпечного пилу*, які несуть надзвичайну небезпеку [18]. Отже, потрібне вимірювання концентрації пилу в атмосферному повітрі в конкретних локаціях. Для таких вимірювань застосовують спеціалізовані прилади.

*Прилади пилового контролю* – пристрої і апарати, за допомогою яких визначається концентрація пилу в повітрі; поділяються на 2 класи: *прилади для відбору проб пилу і пиломіри*. *Пиломір* – прилад для визначення ступеня запиленості повітря безпосередньо на місці заміру (в шахтах, кар'єрах, системах вентиляції, на територіях виробничих об'єктів, тощо). Є пиломіри з фільтрувальним матеріалом, на якому осідають частинки пилу, і пиломіри без фільтрувального матеріалу, наприклад, оптичні (на сьогодні найпоширеніші). В останніх світло поглинається або розсіюється пилоповітряним потоком. За принципом дії пиломіри поділяються на оптичні, радіоізотопні, електрометричні та ін. *Експреспиломіри* – прилади для оперативного вимірювання концентрації пилу безпосередньо на місці (у гірничій виробці, цеху підприємства, конкретних місцевостях, тощо). Поділяються на оптичні, радіоізотопні, електронні та інші.

Таким чином, для контролю рівня забруднення повітря слід використовувати спеціальні аналізатори повітря, газоаналізатори, а також пробовідбірники твердих частинок. Такі ЗВТ з прямим зчитуванням надають інформацію під час відбору, що дозволяє швидко приймати рішення. Прилади прямого зчитування особливо корисні для виявлення точкових джерел забруднення або викидів. Щоб правильно вибрати й купити такий засіб вимірювальної техніки, слід враховувати основну його характеристику – діапазон аналізу.

Запиленість повітря можна визначити гравіметричним (ваговим), лічильним (мікроскопічним), фотометричним та деякими іншими методами. Видалення пилу з повітря може бути здійснено різними способами: аспіраційним, що ґрунтується на просмоктуванні повітря через фільтр; седиментаційним, що базується на процесі природнього осідання пилу на скляні пластинки або банки з подальшим підрахунком маси пилу, що осів на

їх поверхні; за допомогою електроосадження, принцип якого полягає в тому, що створюється електричне поле великої напруги, в якому пилові частинки електризуються і притягуються до електродів. Повна характеристика пилу складається з його маси, що міститься в одиниці об'єму повітря, хімічного та дисперсного складу.

На ринку України пропонується широкий вибір портативних приладів для контролю рівня забруднення повітря. На думку авторів найбільшу увагу заслуговують дві моделі: аналізатор запиленості повітря СЕМ DT-9880 та аналізатор якості повітря СЕМ DT-9881. Пропонуємо їх опис [8].



Рис. 5 Аналізатор запиленості повітря СЕМ DT-9880

**Аналізатор запиленості повітря СЕМ DT-9880** (рис. 5) – шести-канальний ЗВТ з можливістю одночасного аналізу до шести різних розмірних діапазонів частинок. Прилад забезпечує отримання швидких і точних показань вмісту завислих твердих частинок, вимірює температуру і відносну вологість повітря, а також температуру точки роси.

Аналізатор запиленості повітря СЕМ DT-9880 являє собою екологічну міні-лабораторію, яка виконує широкий комплекс вимірювань.

Прилад дозволяє проводити вимірювання в промислових умовах, зручний для контролю якості повітря в приміщеннях різного призначення, для вимірювання концентрації пилу в атмосферному повітрі в конкретних локаціях. Має зручний для користувача великий 2,8-дюймовий кольоровий TFT LCD-екран, вбудовану пам'ять на 74 Мб та

можливість підключення MicroSD-карти (до 8 Гб) для зберігання фотографій (JPEG) і відеозаписів (3GP) з можливістю подальшого перегляду на персональному комп'ютері.

**Аналізатор якості повітря СЕМ DT-9881**

(рис. 6) – це міні-лабораторія екологічного контролю, яка може широко використовуватись в різноманітних галузях для визначення таких параметрів: вміст у повітрі дрібнодисперсних (0,3; 0,5; 1,0; 2,5; 5,0; 10 мкм) частинок (пилу); концентрація чадного газу і формальдегіду в навколишньому середовищі; температура повітря; відносна вологість повітря; температура точки роси.

Контроль стану чистоти зовнішнього повітря є важливою діяльністю, яку потрібно і доцільно проводити регулярно за допомогою портативних спеціалізованих ЗВТ, таких як СЕМ DT-9880 та (або) СЕМ DT-9881, щоб визначити рівні забруднення атмосферного повітря в локальному регіоні.

**Висновки**

Війна загострила екологічні проблеми в Україні. Після закінчення активної фази військового протистояння задачі їх вирішення будуть першочерговими. Для забезпечення експрес-контролю двох основних екологічних показників автори рекомендують використовувати комплект портативних приладів, що відображені в таблиці 2.

Такий мінімізований (по складу та вартості) набір портативних ЗВТ буде в нагоді багатьом фахівцям з екологічного контролю та екологічної безпеки.



Рис. 6 Аналізатор якості повітря СЕМ DT-9881

Таблиця 2

№ з/п	Тип моделі та назва приладу	Виробник	Призначеність
1	<b>METRINCO R600UA</b> Дозиметр	METRINCO, Китай	<b>Контроль радіаційного стану довкілля</b>
2	<b>Інший варіант</b> МКС-05 «Терра» Дозиметр-радіометр	«Спаринг-Віст Центр», Україна	
3	<b>СЕМ DT-9880</b> Аналізатор запиленості повітря	СЕМ Instruments Китай	<b>Контроль стану чистоти повітря</b>
4	<b>Інший варіант</b> СЕМ DT-9881 Аналізатор якості повітря	СЕМ Instruments Китай	

**Список літератури:**

1. Адаменко О.М., Адаменко Я.О., Архипова Л.М. та ін. Екологічна безпека територій. Монографія. Івано-Франківськ, 2014. 456 с.
2. Адаменко О.М., Міщенко Л.В. Екологічний аудит територій. Підручник для екологічних спеціальностей вищих навчальних закладів. Івано-Франківськ, 2000. 342 с.



3. Хилько І.М. Екологічна безпека України: навчальний посібник. Київ, 2017. 267 с.
4. Яценко Л.Д. Екологічний складник національної безпеки: основні показники та способи їх досягнення. Київ, 2014. 52 с.
5. Трегубчук В.М. Ресурсно-екологічна безпека. URL: <http://old.niss.gov.ua/book/panorama/tregob.htm> (дата звернення: 10.03.2023).
6. Варганов А.З., Рубан А.Д., Шкуратник В.Л. Методы и приборы контроля окружающей среды и экологический мониторинг. Вологда, 2010. 640 с.
7. Озякова Е. Н. Техногенные системы и экологический риск: учебное пособие. Омск, 2015. 175 с.
8. Електронний ресурс фірми «7 вольт». URL: <https://www.simvolt.ua> (дата звернення: 10.03.2023).
9. Електронний ресурс компанії «Еталон-Прилад». URL: <https://etalonpribor.com.ua> (дата звернення: 10.03.2023).
10. Електронний ресурс приватного підприємства «БРОМ». URL: <https://brom.ua> (дата звернення: 10.03.2023).
11. Екологічне право України. Академічний курс / заг. ред. Ю.С. Шемшученка. Київ, 2008. 720 с.
12. Якунина И.В. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг. Тамбов, 2009. 188 с.
13. Чернявський І.Ю., Марущенко В.В., Мартинюк І.М. Військова дозиметрія, Київ, 2022, 530 с.
14. Електронний ресурс. URL: <http://slovoedia.org.ua> (дата звернення: 09.03.2023).
15. Касьянов М.А., Гуляев В.П., Друзь О.М., Коструб В.О. Прилади радіаційної, хімічної розвідки та дозиметричного контролю, газоаналізатори. Луганськ, 2006. 188 с.
16. Дозиметр R600UA. Інструкція з експлуатації. Електронний ресурс фірми «7 вольт». URL: <https://www.simvolt.ua> (дата звернення: 09.03.2023).
17. ДОЗИМЕТР-РАДІОМЕТР МКС-05 «ТЕРРА». Електронний ресурс фірми «7 вольт». URL: <https://www.simvolt.ua> (дата звернення: 08.03.2023).
18. Мала гірнича енциклопедія: в 3 т. / за ред. В.С. Білецького. Донецьк, 2007. Т. 2. 670 с.

#### **Skakun O.V., Syvoborodko A.V. OVERVIEW OF PORTABLE MODERN MEASURING EQUIPMENT FOR ENVIRONMENTAL CONTROL**

*The article is devoted to an overview analysis of portable modern measuring equipment for environmental control.*

*The definition of such important concepts as ecocide, ecological control and ecological monitoring is given. Considered issues of environmental safety in Ukraine at the national and local levels. Potential directions and ways of development of environmental control in a civilized society are noted.*

*The classification of measuring equipment used or can be used for environmental control is given. Universal and specialized measuring equipment for environmental control are briefly described, prospects and trends of their development are determined. A review of scientific works and other information arrays on measuring equipment for environmental control was carried out.*

*The main research material in the proposed article is devoted to the analysis of portable modern measuring equipment for environmental control, which are produced by leading companies of the European Community, and developed Asian countries.*

*The features of modern measuring equipment for control are analyzed:*

*1) the radiation state of the environment;*

*2) the state of air cleanliness and the presence of various harmful components in it.*

*The article also lists brands (types) and parameters of portable measuring equipment, which the authors recommend to be used for environmental control.*

**Key words:** *ecocide, environmental control, environmental monitoring, measuring equipment, classification of measuring equipment for environmental control, universal and specialized measuring equipment for environmental control, perspectives and trends in the development of measuring equipment for environmental control.*