

# ПРИКЛАДНА ЕКОЛОГІЯ

---

## ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

---

УДК 504.064.3:621.039.73

### МОБІЛЬНИЙ ЛАБОРАТОРНИЙ КОМПЛЕКС РАДІАЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ

С.І. Азаров<sup>1</sup>, Ю.В. Литвинов<sup>1</sup>, О.Б. Сіднєв<sup>1</sup>, В.Л. Сидоренко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Інститут ядерних досліджень НАН України,  
пр. Науки, 47, 03680, м. Київ, azarovsi@i.ua

<sup>2</sup> Інститут державного управління  
у сфері цивільного захисту ДСНС України,  
вул. Вишгородська, 21, 04074, м. Київ, generals2007@i.ua

Розроблено концепцію зі створення мобільних лабораторних комплексів оцінювання і прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій, пов'язаних з радіаційними аваріями, комплексу забезпечуватимуть оперативний контроль радіаційного стану в аварійних і штатних ситуаціях, дистанційний та контактний контроль радіоактивного забруднення в атмосфері, ґрунті, воді, продуктах харчування, кормах тощо. *Ключові слова:* лабораторний комплекс, надзвичайні ситуації, радіаційний контроль.

**Мобильный лабораторный комплекс радиационного контроля.** С.И. Азаров, Ю.В. Литвинов, О.Б. Сиднев, В.Л. Сидоренко. Разработана концепция по созданию мобильных лабораторных комплексов оценки и прогнозирования чрезвычайных ситуаций, связанных с радиационными авариями. Комплексы обеспечат оперативный контроль радиационной обстановки в аварийных и штатных ситуациях, дистанционный и контактный контроль радиоактивного загрязнения в атмосфере, почве, воде, продуктах питания, кормах и т.п. *Ключевые слова:* лабораторный комплекс, чрезвычайные ситуации, радиационный контроль.

**Mobile radiological laboratory complex.** S.I. Azarov, Y.V. Lytvynov, O.B. Sidnev, V.L. Sydorenko. A concept for creating mobile laboratory facilities assessment and prediction of emergency situations involving radiation accidents, which will provide on-line monitoring of the radiation situation in emergency and normal situations, remote and contact control of radioactive pollution in the atmosphere, soil, water, food, feed, etc. *Keywords:* laboratory complex, emergency, radiation control.

#### Вступ

Україна насичена понад 10-ма тис. потенційно небезпечними об'єк-

тами і має цілий ряд районів і областей з радіаційно напруженим та навіть кризовим екологічним станом

навколишнього середовища. На сьогодні в Україні діють 4 АЕС (Запорізька, Південноукраїнська, Рівненська, Хмельницька) з 15-ма енергоблоками (13 – типу ВВЕР-1000, 2 – типу ВВЕР-440), які за кількістю і потужністю виводять її на 8 місце у світі та 5 – у Європі, є 2 дослідницькі ядерні реактори (в Києві – ВВР-М та Севастополі – ІР-100), одна критична збірка і більше 8 000 підприємств і організацій, які використовують понад 100 тис. джерел іонізуючого випромінювання (тільки у Києві їх близько 400).

Вимагають особливої уваги як радіаційно небезпечні об'єкти шість міжобласних спеціалізованих комбінатів з переробки та зберігання радіоактивних відходів державного об'єднання "Радон" (Київського, Львівського, Донецького, Дніпропетровського, Одеського і Харківського), п'ять підприємств з добування і переробки уранових руд, які перебувають у Дніпропетровській, Миколаївській і Кіровоградській областях, а також хвостосховища територій радіаційної безпеки. На колишніх енергоблоках типу РВПК-1000 ЧАЕС проводяться роботи зі зняття їх з експлуатації, а об'єкт "Укриття" потребує термінової ізоляції від оточуючого середовища шляхом побудови конфайнменту.

АЕС є об'єктами підвищеної радіаційної безпеки. Під час радіаційної аварії на ЧАЕС (за міжнародною шкалою аварій INIS – 7 рівень) відбувся радіоактивний викид у навколишнє середовище близько 100 МКі більш як 60 радіологічно небезпечних для здоров'я населення продуктів ділення, накопичених в активній зоні реактора, в результаті чого були пе-

ревищені дозові навантаження на населення при запроектованих аваріях. Утворилася 30-ти кілометрова зона відчуження, з якої населення повністю евакуйовано. Відбувся тривалий радіаційний вплив на здоров'я населення (біля 3 млн. чол.год.) з розповсюдженням на великі території, у тому числі і за межі України ( Росія, Білорусь тощо).

Отже, проведення комплексної оцінки аварійного і післяаварійного стану забруднених територій в реальному масштабі часу і прогнозування розвитку надзвичайних радіаційно та екологічно небезпечних ситуацій, аварій, катастроф і передумов щодо їх виникнення є однією з найбільш серйозних проблем, що стоять перед державою і суспільством. Ці обставини потребують проведення всебічного і постійного оперативного моніторингу радіаційного та екологічного стану довкілля з отриманням необхідного об'єму достовірної наукової інформації міждисциплінарного характеру.

### Стан проблеми

У розв'язанні цієї проблеми науковці і вчені застосовують декілька підходів та шляхів в залежності від завдань, які має вирішувати мобільний лабораторний комплекс (МЛК) радіаційного контролю. Наприклад, у роботі [1] авторами наведено свій варіант МЛК, створений та адаптований до потреб і умов Російської Федерації. Отже, зважаючи на широкомасштабні наслідки Чорнобильської катастрофи, кількість та густину розташування об'єктів підвищеної радіаційної безпеки в Україні, виникає гостра необхідність у створенні віт-

чизняних МЛК загального контролю й оцінювання наслідків радіаційних аварій.

### Виклад основного матеріалу

Прогнозування та ліквідація наслідків радіаційних аварій повинні ґрунтуватися на комплексній системі організаційних і технічних заходів [2–7]. Одним із найбільш важливих є необхідність створення вітчизняних МЛК загальної оперативної оцінки радіаційного і радіологічного стану довкілля. Основним завданням таких МЛК є оперативний контроль радіаційної ситуації та контроль рівнів радіоактивного забруднення в атмосферному повітрі, ґрунті, воді, продуктах харчування, кормах тощо. Головна мета – інтегральна оцінка ризиків та прогнозування можливості виникнення і розвитку радіаційних аварій з подальшою розробкою першочергових оперативних заходів щодо їх ліквідації і пом'якшення можливих екологічних наслідків.

Існуючі у світі МЛК [8] зазвичай виконують тільки спеціалізовані завдання. Наприклад, російська пересувна радіологічна лабораторія "Пошук" призначена для радіаційного моніторингу місцевості, сертифікації продуктів харчування за рівнями радіаційного забруднення тощо. Для комплексного дистанційного моніторингу навколишнього середовища широко застосовують супутникові системи і напівстаціонарні системи наземного базування, зокрема, виробництва фірм "Kayser-Threde" (ФРН) та "Midas Corporation" (США). Однак супутникові системи надзвичайно дорогі і не здатні видавати інформацію за кожним оперативно ви-

значеним об'єктом. Існуючі ж системи наземного базування функціонально обмежені і не дозволяють робити прецизійний аналіз багатокomпонентного забруднення атмосфери та виконувати контактні вимірювання у важкодоступних місцях.

З точки зору державних інтересів, на наш погляд, недоцільно орієнтуватись на вирішення проблеми створення та комплектації МЛК радіаційного і радіологічного моніторингу за рахунок закупівлі приладів зарубіжного виробництва чи одержання їх у вигляді гуманітарної допомоги з таких причин:

- є невідповідність низки технічних та експлуатаційних характеристик навіть кращих зразків зарубіжних приладів (незважаючи на високу вартість) вимогам радіаційного контролю держави, що має на власній території особливі райони, зокрема, зону відчуження ЧАЕС;
- для забезпечення гарантій безпеки держави, що має розгалужену мережу АЕС й інших техногенно небезпечних підприємств, експлуатує і розробляє ядерні технології та технології з використанням джерел іонізуючого випромінювання, взагалі потрібно створення та постійне вдосконалення власних сучасних засобів радіаційного, радіологічного та екологічного контролю;
- масштаби проблеми в потенціалі настільки величезні, що орієнтація на зарубіжне придбання взагалі для України економічно недоцільна;
- рішення цієї проблеми за рахунок власних зусиль сприятиме створенню додаткових робочих місць

на вітчизняних підприємствах і дозволить зміцнити та розвинути науково-технічний потенціал України.

Наша держава моніторингових МЛК власної розробки не має, тому метою цієї роботи є розробка концепції зі створення мобільної бази для комплексної інструментальної оцінки радіоекологічного стану навколишнього середовища на основі вітчизняних наукових інноваційних досягнень і науково-технічних розробок, які вже пройшли апробацію. Слід підкреслити, що такий підхід дозволить розробити і впровадити адекватну потребам нашої держави методологію комплексного аналізу і прогнозування розвитку надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру.

Основними завданнями, що вирішуватиме такий багатофункціональний МЛК, є [9]:

- здійснення мультипараметричного комплексний контроль радіаційного та екологічного стану навколишнього середовища в реальному масштабі часу безпосередньо на місці;
- проведення ситуаційного аналізу обстановки, оцінки радіаційно екологічної стійкості і рівня техногенних і природних ризиків у взаємозалежному комплексі та прогнозування розвитку аварійних ситуацій;
- розробка оперативних невідкладних заходів щодо ліквідації наслідків радіаційних аварій і катастроф та заходів щодо їхнього можливого попередження.

При вирішенні цих завдань МЛК має бути спроможним виконувати такі функції:

- високоточна прив'язка до координат місцевості за допомогою супутникової системи навігації;
- одержання і первинна обробка аналогової і цифрової вимірювальної інформації;
- передача даних вимірювань за допомогою сучасних засобів зв'язку, у тому числі й комп'ютерних, на вищий рівень управління і зацікавленим організаціям та відомствам, а також, за необхідності, повідомлення жителів, що проживають на екологічно небезпечних територіях;
- оперативна ідентифікація і прогнозування розвитку радіаційної аварії за спеціально розробленими методиками.

Доцільно в комп'ютерній базі даних МЛК мати розроблену за технологіями геоінформаційних систем (ГІС) комп'ютерну карту з позначеними на ній радіаційно небезпечними об'єктами, ділянками місцевості з техногенно високими ступенями ризику (з ідентифікацією їхньої історії і стану на даний момент часу), з урахуванням ліній високовольтних передач, газо- і нафтопроводів тощо.

Багатофункціональний МЛК повинен бути функціонально закінченим з огляду на рішення поставлених завдань. Одночасно його комп'ютерна автоматизована система має залишатися відкритою, доступною для стикування з іншими (що не входять у її базовий варіант) приладами вітчизняних і зарубіжних виробників та мати можливість адаптації до мінливих умов і вимог, варіювання можливостей за допомогою різних типів датчиків і детекторів зі зміною алгоритму роботи. Це досягається за рахунок застосування стандартних інтер-

фейсів і сучасних інформаційних технологій – таких, як мобільні інженерні комп'ютери.

Технічні засоби МЛК можуть розміщуватися на автомобілі, експлуатуватися і зберігати працездатність на відкритому повітрі при впливі різних метеофакторів – інею, роси, туману, сонячного випромінювання, зміни температури навколишнього середовища, забезпечувати стійкість конструкцій апаратури до тряски і вібрації, відсутні можливості резонансу. Режим роботи як позмінний, так і безупинний цілодобовий. Живлення – від бортової мережі автомобіля напругою постійного струму 12 В, як із включеним, так і з вимкненим двигуном та від власних автономних джерел живлення.

Базовий варіант МЛК повинен

включати такі основні підсистеми (ПС) (рис. 1) [10, 11]:

- комплексного радіаційного контролю;
- експресного радіологічного контролю;
- дистанційного комплексного (якісного і кількісного) контролю параметрів хімічного забруднення навколишнього середовища з урахуванням впливу метеопараметрів;
- контактного контролю і виміру радіонуклідів в об'єктах навколишнього середовища;
- супутникової навігації;
- оперативного зв'язку;
- бортовий обчислювальний комплекс (БОК).

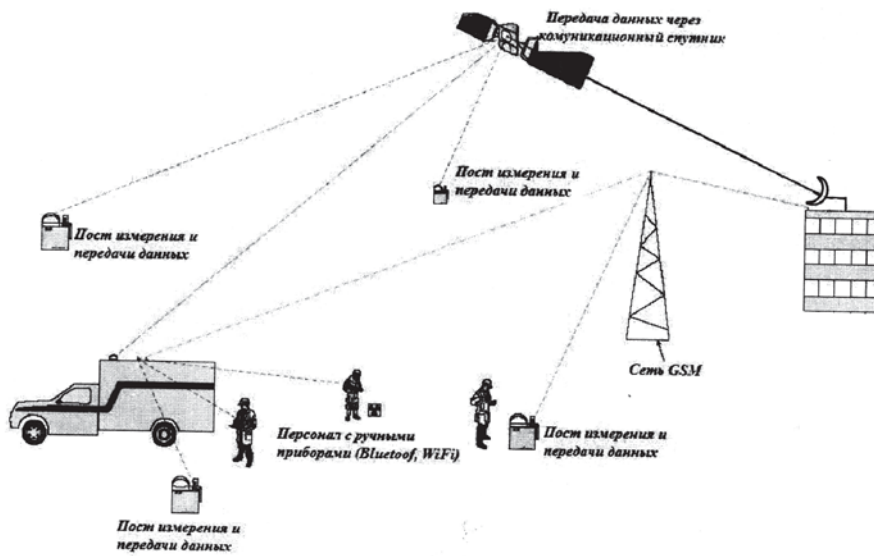


Рис. 1 – Системна інтеграція засобів вимірювання радіаційної обстановки на основі МЛК і програмно-апаратного середовища ViewPoint

ПС комплексного радіаційного контролю повинна здійснювати (рис. 2):

- вимірювання потужності експозиційної й еквівалентної дози фотонного (рентгенівського і гамма)

- іонізуючого випромінювання в широкому динамічному й енергетичному діапазонах;
- вимірювання густини потоку бета-випромінювання в широкому динамічному й енергетичному діапазонах;
  - вимірювання густини потоку альфа і нейтронного випромінювання.

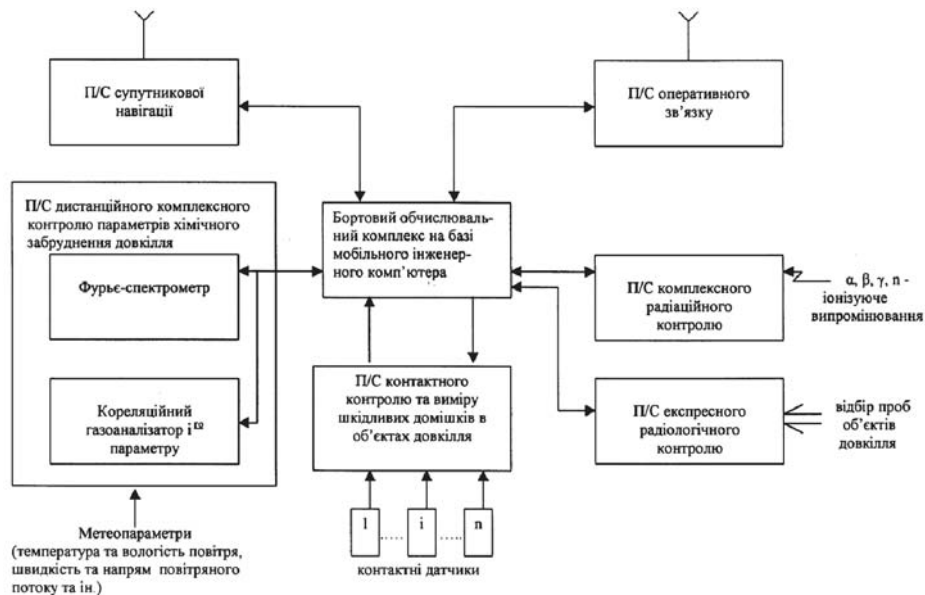


Рис. 2 – Структурна схема апаратного оснащення МЛК загальної оцінки та прогнозування радіоекологічних наслідків радіаційних аварій

Пропонується наступний мінімальний склад ПС:

- професійний радіометр-дозиметр ДКС-96 у комплекті з блоками детектування (Г, Б, У, П, М, А, Н);
- дозиметр-радіометр гамма- і бета-випромінювань пошукового МКС-07 "Пошук" у комплекті (як додаткового і резервного);
- комплекти прямопоказуючого індивідуального дозиметру ДКС-02 "Кадмій" (для кожного члена екіпажу).

Для експресного радіологічного контролю ПС повинна здійснювати:

- якісний і кількісний експрес-контроль (включаючи й спектромет-

ричний) забруднення радіонуклідами об'єктів навколишнього середовища (води, ґрунту, кормів, продуктів харчування і т.п.);

- експрес-вимірювання об'ємної радіоактивності радону і супутніх ізотопів при їхнього розпаді;
- пробовідбір і визначення густини забруднення місцевості.

Мінімальний склад ПС базується на спільних розробках інститутів Національної академії наук України та профільних вітчизняних підприємств (Інституту ядерних досліджень та Інституту фізики напівпровідників НАН України, АТЗТ «Тетра» м. Жовті Води і «Спарінг-Віст»

м. Львів): портативний радіометр "Бета-МП" для експресного визначення питомої (об'ємної) радіоактивності різних проб; мобільний гамма-спектрометр типу СЕГ-2М з власним комп'ютером; радіометр об'ємної активності альфа активних аерозолів РГА-09М.

Для дистанційного комплексного контролю параметрів радіонуклідного забруднення навколишнього середовища ПС повинна вирішувати такі завдання:

- дистанційне інтегральне визначення складу забруднюючих радіоактивних компонентів (вимір загального спектру);
  - комп'ютерну ідентифікацію обмірюваних інтегральних спектрів;
  - прецизійне вимірювання змісту визначеного компоненту (наприклад, газоаерозолів радіоізотопів йоду, цезію, стронцію, інертних радіоактивних газів тощо, кількісний зміст яких багато в чому характеризує рівень техногенної діяльності) за допомогою гамма-спектрометра, який повинен характеризуватися:
  - високим рівнем інтелектуалізації процесу вимірювань;
  - наявністю функції автоматичного калібрування;
  - алгоритмічною корекцією помилок;
  - лінеаризацією вимірювальних характеристик;
  - адаптацією до реальних умов приведення вимірювань в реальному масштабі часу;
  - виділенням сигналів з фонових за певними ознаками, які становлять науковий інтерес.
- При реалізації моніторингу необ-

хідно застосовувати персональні каскадні імпактори "Marple" серії 290 двох типів: шестикаскадні МР-296 і восьмикаскадні МР-298. У якості підложок і фільтра використовується скловолоконний матеріал типу GF-230SEC. Для прокачування повітря зі швидкістю 3,5 л/хв. використовується компресор "Gilian 3500".

Основним завданням ПС супутникової навігації повинно бути визначення координат місця розташування, засноване на глобальній навігаційній системі GPS, що складається із сукупності радіонавігаційних супутників, доступних у даному районі. Ці супутники цілодобово забезпечують одержання точної і надійної інформації в будь-якому місці земної поверхні. Навігаційний приймач, встановлений у бортовому комп'ютері МЛК, являє собою багатоканальний навігаційний датчик, що одержує кодові сигнали, передані навігаційними супутниками. Навігаційний приймач має малу вагу, низьку потужність споживання і забезпечує автоматичне настроювання на оптимальне сузір'я супутників, що знаходяться в даний момент у "полі зору". Для навігації використовується американська система глобального позиціонування (GPS) NAVSTAR, але при майбутньому розгортанні може використовуватися і російська система ГЛОНАС.

Для оперативного зв'язку ПС повинна забезпечувати надійний робочий і аварійний зв'язок екіпажу МЛК з покриттям всієї території України і можливістю передачі-прийому голосового, цифрового і факсимільного зв'язку. Мінімальний склад цієї ПС:

- компактна професійна радіостанція типу KENWOOD 860H, що ві-

дповідає вимогам військового американського стандарту MIL-STD |810D|E;

- мобільний супутниковий телефон з робочою підтримкою як мінімум двох незалежних операторів, наприклад, Интелсат і Укрсат;
- індивідуальні мобільні телефони для екіпажу в стандарті GSM 1800.

Для реалізації різних функціональних завдань МЛК шляхом програмної обробки інформації, що надходить від різних ПС та пристроїв і діалогу з оператором, БОК будується на основі сучасної мобільної інженерної системи з LCD екраном. Такі системи у світовій практиці застосовуються там, де необхідно здійснити збір і обробку сигналів у безпосередній близькості від об'єкта дослідження та в умовах, де застосування звичайних стаціонарних персональних комп'ютерів чи комп'ютерів типу Notebook незручно або неможливо. Мобільні комп'ютерні системи займають проміжне положення між стаціонарними комп'ютерами і портативними ноутбуками, поєднуючи в собі їхні переваги.

Найбільш істотними позитивними властивостями таких мобільних інженерних комп'ютерів є:

- можливість установки будь-якої процесорної платформи – материнської плати і процесора;
- можливість установки довільного об'єму оперативної пам'яті й її розширення;
- можливість використання дисконних накопичувачів довільного типу й об'єму;
- можливість установки плат контролерів і адаптерів та плат розширення введення-виводу, у тому

числі АЦП – ЦАП – ЦВВ та спеціалізованих плат користувача;

- зменшене споживання електроенергії, що дозволяє забезпечити працездатність системи в польових умовах від блоку зовнішніх акумуляторів;
- спеціальне ударостійке виконання;
- простота модернізації чи заміни вузлів і блоків.

Пропонований МЛК радіаційного контролю буде відрізнятися від існуючих прототипів такими параметрами:

- можливістю роботи в екстремальних польових умовах;
- клієнт-сервісу архітектури сервісу;
- проведення безперервних (режим моніторингу) та інтерактивних (експресних) вимірювань;
- збереження вимірюваних спектрів у незалежній пам'яті (1 Гб пам'яті вистачає на більш як півроку безперервної роботи);
- візуалізація інтегрального і усереднених вимірюваних значень;
- побудова графіків трендів інтенсивності радіоактивних продуктів аварії (аерозолів і газів) з  $\alpha$ - та  $\beta$ -випромінюваннями у точці проведення контролю;
- автоматизоване ведення бази даних радіаційного та радіологічного контролю;
- формування звітів про радіаційний стан навколишнього середовища і документування інформації;
- передача результатів вимірювань на велику відстань від місця радіаційної аварії.



### Висновки

Створення МЛК забезпечить оперативний контроль радіаційного стану навколо радіаційно небезпечних об'єктів в аварійних і післяаварійних ситуаціях, дистанційний та контактний контроль радіонуклідів в атмосферному повітрі, ґрунті, воді тощо для прийняття управлінських рішень щодо мінімізації наслідків радіаційних аварій та надзвичайних ситуацій

з радіаційно-екологічними небезпечними факторами.

За допомогою сучасної наукової апаратури та приладів таких комплексів можна проводити інтегральну оцінку радіаційних ризиків, прогнозувати виникнення та розвиток надзвичайних ситуацій, оперативно здійснювати розробку і впровадження першочергових заходів з ліквідації та пом'якшення можливих наслідків радіаційних аварій.

### Література

1. Акіньшин В.Д. Мобільний комплекс радіаційного контролю. Область застосування комплексу / В.Д. Акіньшин, А.В. Кружалов, І.П. Частокотенко // Пожежна безпека: теорія і практика. – 2010. – № 6. – С. 4–9.
2. Руководство по мониторингу при ядерных или радиационных авариях: IAEA-TECDOC-1092/R. – Вена: МАГАТЄ, 2012.
3. Инструкция по наземному обследованию радиационной обстановки на загрязненной территории / Межведомственная комиссия по радиационному контролю природной среды. – М., 1989.
4. Оперативная оценка доз облучения населения при радиоактивном загрязнении территории воздушным путем: Методические указания МУ 2.6.1.2153-06. – М., 2007.
5. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия / Минприроды РФ. – М., 1992.
6. ГОСТ Р 22.2.04–94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные аварии и катастрофы. Метрологическое обеспечение контроля состояния сложных технических систем. Основные положения и правила.
7. ГОСТ 27451–87. Средства измерений ионизирующих излучений. Общие технические условия.
8. Белов Я.Ю. Аналіз досвіду використання мобільних лабораторій радіаційного контролю / Я.Ю. Белов, В.І. Богорад, Т.В. Литвинська та ін. // Ядерна та радіаційна безпека. – 2013. – № 4(56). – С. 53–58.
9. Азаров С.І. Концепція мобільної лабораторії комплексної оцінки та прогнозування надзвичайних ситуацій / С.І. Азаров, В.Л. Сидоренко, С.А. Єременко // Матеріали I Всеукраїнської науково-практичної конференції "Актуальні проблеми управління у сфері цивільного захисту". – 5 жовтня 2012 р. – Харків, 2012. – С. 9–14.
10. Сіднев О.Б. Концепція мобільного лабораторного комплексу загального контролю й оцінювання наслідків радіаційних аварій / О.Б. Сіднев, Є.Ф. Венгер, С.І. Азаров, В.Л. Сидоренко, С.А. Єременко // Матеріали 13 Всеукраїнської конференції рятувальників. – 20–22 вересня 2011 року. – Київ: МВЦ, 2011. – С. 403–407.
11. Азаров С.І. Концепція мобільної лабораторії комплексної оцінки та прогнозування надзвичайних ситуацій / С.І. Азаров, В.Л. Сидоренко, С.А. Єременко, О.В. Бикова // Збірник тез другої міжнародної науково-практичної конференції "Техногенна безпека: теорія, практика, інновації" 12–13 травня 2011 року. – Львів: ЛДУ БЖД, 2011. – С. 3–5.