

УДК 5.50.504:6

doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2020.18.3.009

Методика динамического контроля радиационной обстановки акваторий с применением водного транспорта

Сергеев И.Ю., к.т.н.

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация:

Статья посвящена предложению по организации динамического контроля радиационной обстановки акваторий с применением водного транспорта и высокочувствительной системы дозиметрического контроля.

Ключевые слова: радиационный контроль, детектор, высокочувствительные средства, ватерлиния, водный транспорт.

Methodology for dynamic monitoring of the radiation situation in water areas using water transport

Sergeev I.Y., Ph.D. of Engineering Sciences

FSBEI HE Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia

Annotation:

The article is devoted to a proposal for the organization of dynamic monitoring of the radiation situation in water areas using water transport and a highly sensitive dosimetric control system.

Keywords: radiation monitoring, detector, highly sensitive means, waterline, water transport.

В ранее опубликованных материалах проводимого исследования [1-3], отмечалось, что радиационная обстановка в Красноярском крае характеризуется рядом особенностей, к числу которых относится радиоактивное загрязнение поймы р. Енисей в границах ЗН ФГУП «ГХК», обусловленное многолетней деятельностью предприятия. ЗН ФГУП «ГХК» включает пойму р. Енисей на протяжении 1000 километров от места сбросов комбината.

В целях оценки уровня радиоактивности обследуемой водной среды и радиационной обстановки на береговой полосе, предлагается применение высокочувствительной системы дозиметрического контроля «СИММЕТ» [4-8], установленной на катере, в различных положениях детектора (в трюме катера ниже ватерлинии, в трюме катера выше ватерлинии и на палубе катера).

Система СИММЕТ базируется на пластиковых детекторах размером чувствительной области 200×50×500 мм. Высокочувствительные системы на базе крупногабаритных пластиковых сцинтилляторов прямоугольной формы с чувствительной поверхностью 1 000 см² и более по сравнению с традиционно применяемыми средствами обеспечивают экспрессное (за время 0,2–4 с) определение мощности дозы излучения при величине стандартного отклонения 0,5–1,5 нЗв/ч. Вследствие большой чувствительной поверхности при относительно малой толщине сцинтиллятора (50–60 мм), достигается более высокое отношение сигнал-фон при выявлении радиационных аномалий по сравнению с детекторами, линейные размеры которых близки во всех направлениях. При времени измерения 1-2 с порог срабатывания системы не превышает 10% от уровня радиационного фона.

Детектор системы СИММЕТ представляет собой блок детектирования, размещенный в герметичном шкафу. Поверхность дверцы шкафа на 80% изготовлена из поликарбоната толщиной 4 мм. Это обстоятельство обеспечивает высокую чувствительность к низкоэнергетическим радионуклидам (природный ^{226}Ra , техногенный ^{241}Am и др.).

Предлагаемая в данной статье методика, позволяет оценить уровень радиоактивности обследуемой водной среды (рисунок 1) и радиационную обстановку на береговой полосе (рисунок 2).

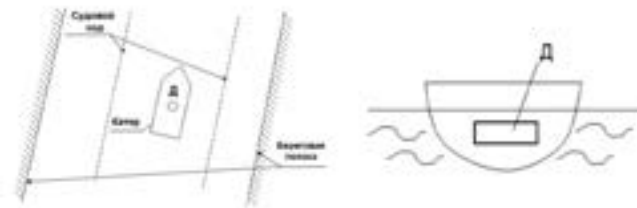


Рис. 1. Схема динамического контроля водной среды

Детектор системы, установленный в трюме плавсредства ниже ватерлинии измеряет радиоактивность воды. Чувствительная поверхность детектора в этом случае направлена вниз. Сверху детектор экранируется свинцовым экраном толщиной около 10 мм. Это позволяет снизить влияние окружающего фона на результаты измерения радиоактивности воды. Установлено, что увеличение радиоактивности воды по естественным радионуклидам на 1 Бк/л приводит к возрастанию показаний дозиметрической системы на 0,7 нЗв/ч.



Рис. 2. Схема динамического контроля береговой полосы

Описанная структура системы, принцип работы полностью позволяет использовать систему для контроля береговой полосы, применяя научно-методический аппарат, представленный в ранее опубликованных материалах исследования [4-14]. Сама исследуемая территория представляет собой объект контроля. Измерение надфоновой МЭД позволяет выявлять локальные очаги радиации при движении транспорта.

При использовании плавательных средств величина стандартного отклонения при определении мощности дозы значительно ниже и составляет 0,3–0,5 нЗв/ч. Это обусловлено существенно более низким уровнем радиационного фона на воде и его высокой стабильностью.

Время измерения при определении мощности дозы в надфоновом режиме 1-2 с, при оценке уровня радиационного фона 3-4 мин.

Данная система обеспечивает оперативное получение подробной информации о радиационной обстановке на акваториях и прилегающих береговых территориях площадью от нескольких десятков метров до нескольких десятков и даже сотен километров.

Обследование береговой полосы с помощью водного транспорта (детектор находится выше ватерлинии) методологически эквивалентно обследованию траектории с помощью автомобильного транспорта [9-14]. Особенностью контроля с помощью водного транспорта является то, что контролируемая зона отделена от детектора водной средой, протяженность которой изменяется в процессе движения транспорта с детектором по фарватеру. Радиоактивность воды крайне низка (несколько Бк/л, что в 50–100 раз ниже природной радиоактивности грунтов), поэтому уровень радиационного фона на плавсредстве с детектором существенно ниже, чем на берегу (в 5–8 раз), и обусловлен преимущественно космической радиацией. Это позволяет в 2-3 раза снизить порог обнаружения и соответственно увеличить расстояние до радиационной аномалии, надежно обнаруживаемой системой контроля. Кроме того, из-за большой удаленности зоны контроля от

детектора (более 30–40 м) длительность сигнала от локального источника значительно превышает длительность сигнала при обследовании местности с помощью автомобильного транспорта, поэтому длительность интервала усреднения (Δt) может быть в несколько раз (в 3-5) больше соответствующего значения для автомобильного транспорта. Это также повышает чувствительность обнаружения источников с помощью водного транспорта, при этом практически не накладывается ограничений на скорость движения детектора.

Условием надежного обнаружения локальной радиационной аномалии на береговой полосе является $\Delta P \geq (n + 2) \sigma$, где ΔP – приращение сигнала источника над фоном; $\Pi = n \sigma$ – порог срабатывания системы контроля.

Величины ΔP определяют следующим образом:

$$\Delta P = \frac{P_0 R_0^2 B(l)}{(l_1 + l_2)^2 \exp(\mu_{мз} \rho l)}$$

где:

l_1 – расстояние от детектора до берега;

l_2 – расстояние от берега до источника;

$$l = l_1 + l_2,$$

P_0 – мощность дозы излучения источника на стандартном расстоянии R_0 (0,1 м или 1 м);

$\mu_{мз}$ – массовый коэффициент поглощения энергии излучения воздухом;

ρ – плотность воздуха; $B(l)$ – фактор накопления в воздухе.

В рамках данного исследования было проведено обследование акватории реки Енисей в положении детектора ниже ватерлинии (рисунок 1), результаты измерений, проведенных на одном из участков акватории, приведены на рисунке 3.

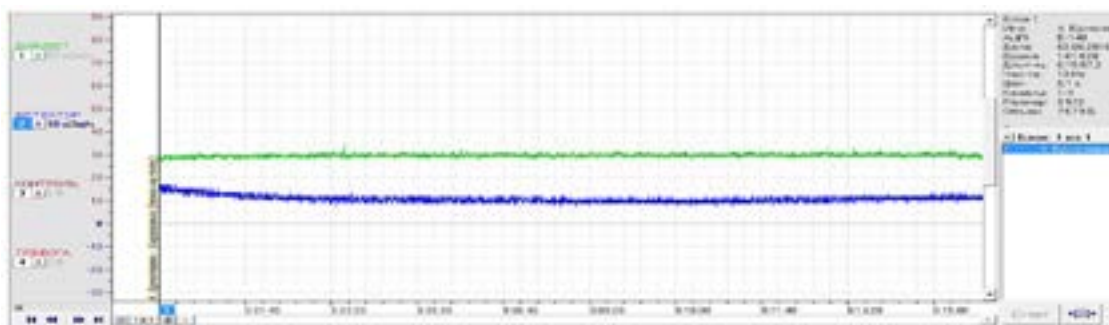


Рис. 3. Результаты замеров

Как мы видим из рисунка 3, радиационная активность в данном случае изменяется в пределах от 10 до 15 нЗв/ч, практически без изменения надфоновой мощности.

При движении по акватории в городской черте, в положении детектора выше ватерлинии (рисунок 2), при прохождении вблизи опор моста «777» и моста «Октябрьский» г. Красноярск, было выявлено повышение радиационной активности (рисунок 4).

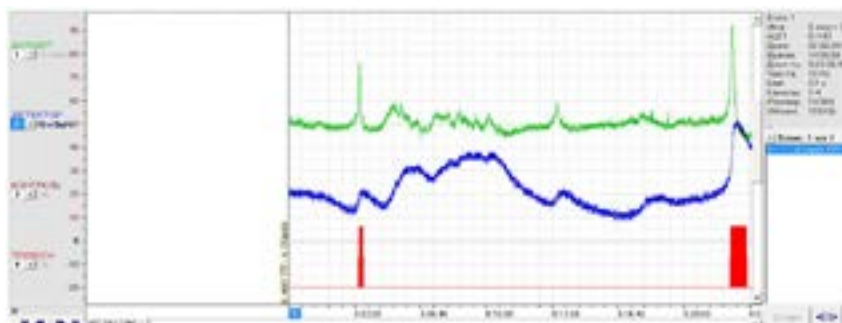


Рис. 4. Замеры при движении по акватории в городской черте

Общий вид совершенного маршрута движения протяженностью 176 км, представлен на рисунке 5. Общее время, затраченное на обследование, составило около 5 часов при средней скорости движения около 30 км/ч.

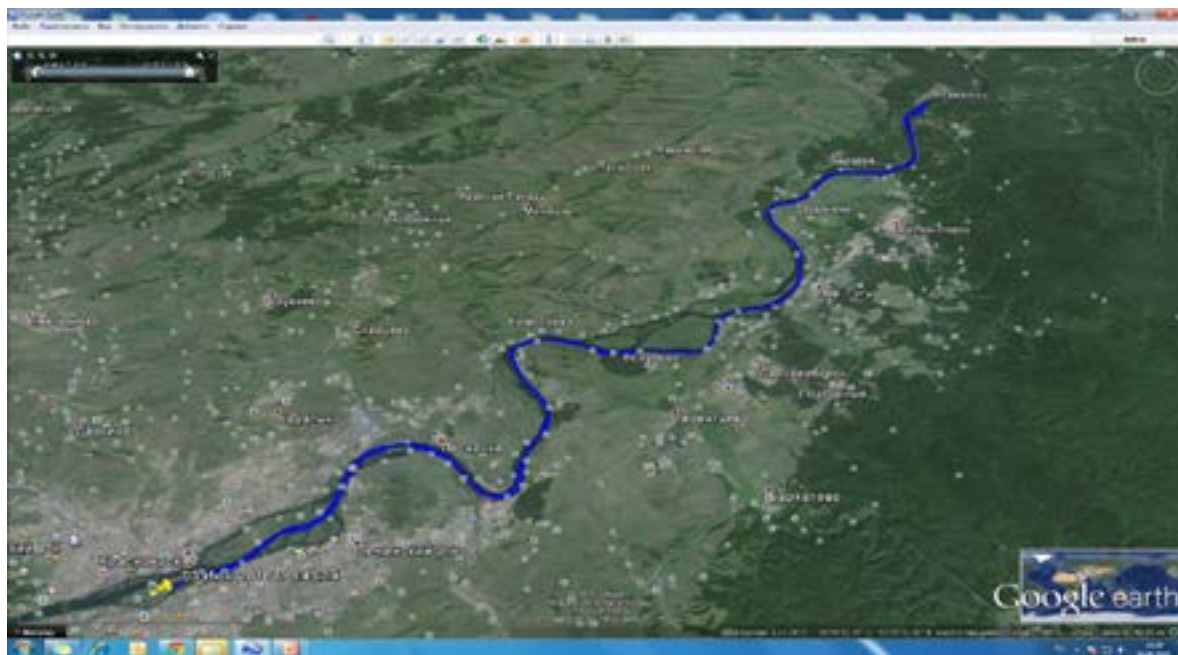


Рис. 5. Маршрут движения водного транспорта

Таким образом, в результате проведенного исследования акватории, было установлено, что высокочувствительная дозиметрическая система «СИММЕТ», позволяет проводить оперативное обследование водной акватории и береговой полосы. Кроме этого, установлено, что при расположении детектора на катере в городской черте, мощность дозы снижается с 80–120 до 10–25 нЗв/ч, при расположении детектора в положении выше и ниже ватерлинии составляет 15–25 %.

Предлагаемая методика для контроля радиоактивности воды обеспечивает непрерывную регистрацию активности воды в процессе движения плавательного средства по установленному маршруту.

Литература

1. Сергеев И.Ю. Анализ автоматизированных систем контроля радиационной обстановки на территории Красноярского края. // В сборнике: Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. 2020. С. 236-244.
2. Сергеев И.Ю. Способы контроля радиационной обстановки для систем комплексной безопасности территорий. // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2018. № 4 (11). С. 8-10.
3. Сергеев И.Ю. Предложения по способам контроля радиационной обстановки для системы комплексной безопасности закрытого административного территориального образования с объектами атомной промышленности. // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2016. № 1 (28). С. 63-71.
4. Никоненков Н.В., Валуев Н.П., Качалов В.М., Мойш Ю.В. Дозиметрический контроль металлолома, сырья, продукции и отходов металлургического производства с помощью стационарной системы СИММЕТ // Проблемы черной металлургии и материаловедения 2010. №3 ФГУП ЦНИИчермет им. И.П. Бардина, г. Москва С. 90-93.
5. Никоненков Н.В., Валуев Н.П., Качалов В.М., Мойш Ю.В. Анализ радиационных профилей транспортных средств с ломом с помощью дозиметрической стационарной системы СИММЕТ // Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2011. № 2. С. 94-97.
6. Валуев Н.П., Никоненков Н.В., Стасишин Л.А. Автомобильная система динамического радиационного мониторинга территорий // Грузовик. 2017. № 2. С. 37-41.

7. Валуев Н.П., Мойш Ю.В., Качалов В.М., Никоненков Н.В. Автоматизированные системы радиационного контроля сырья и металлолома // Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2009. № 3. С. 107-110.
8. Валуев Н.П., Лысова О.В., Никоненков Н.В. Оптимизация схемы проведения входного радиационного мониторинга металлолома // Металлург. 2011. № 5. С. 32-36.
9. Сергеев И.Ю. Определение параметров динамического радиационного контроля грузов в транспортных средствах. // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2019. № 2 (41). С. 94-98.
10. Валуев Н.П., Мойш Ю.В., Никоненков Н.В., Углов В.А. [Способ радиационного контроля движущихся объектов](#) // Патент на изобретение RU 2390040 С2, 20.05.2010.
11. Валуев Н.П., Межов А.Р., Никоненков Н.В., Пушкин И.А., Чеботарев С.С. [Способ динамического радиационного контроля](#) // Патент на изобретение RU 2436120 С2, 10.12.2011. Заявка № 2009129492/28 от 31.07.2009.
12. Валуев Н.П., Мойш Ю.В., Никоненков Н.В., Углов В.А., Лысова О.В., Пушкин И.А. [Способ динамического радиационного контроля](#) // Патент на изобретение RU 2444029 С2, 27.02.2012. Заявка № 2010120475/28 от 21.05.2010.
13. Пушкин И.А., Залозная Н.Г., Козловская Э.Б., Валуев Н.П., Ряхов Д.В. Методы экспресс-контроля химической и биологической обстановки в условиях локальных вооруженных конфликтов // В сборнике: Совершенствование гражданской обороны в Российской Федерации. Материалы VI Научно-практической конференции. 2009. С. 188-193.
14. Валуев Н.П., Лысова О.В., Дегтярев С.В., Юданов П.М. Выбор параметров детекторов высокочувствительных дозиметрических систем // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2017. № 4 (35). С. 121-126.