

*И.Ю. Чернявский, к.т.н., профессор, НТУ «ХПИ»,  
В.В. Тютюник, д.т.н., нач. УНИЛ, НУГЗУ,  
В.Д. Калугин, д.х.н., профессор, НУГЗУ*

## **АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ВЫЯВЛЕНИЯ И ОЦЕНКИ УРОВНЯ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ ВОЕННОГО ХАРАКТЕРА**

(представлено д-ром наук Мизерски А.)

В статье анализируется роль и место радиационного мониторинга в системе выявления и оценки уровня радиационной обстановки для обеспечения безопасности жизнедеятельности населения при чрезвычайных ситуациях военного характера. Рассматриваются критерии для построения системы радиационного мониторинга, основанной на прогнозировании степени радиационного поражения населения, по данным регистратора параметров радиационного фактора.

**Ключевые слова:** радиационный мониторинг, радиационный фактор, степень радиационного поражения населения.

**Постановка проблемы.** Актуальность работы обусловлена рядом факторов.

Во-первых, по оценкам специалистов одной из важнейших особенностей современных войн и военных конфликтов сейчас и в будущем является поражение наиболее важных объектов экономики и инфраструктуры с целью полного подавления возможности к сопротивлению, в том числе с применением ядерного оружия. В условиях обострения военно-политической напряжённости в мире, пересмотр стратегий и тактики применения ядерного оружия как оружия для деэскалации вооружённых (международных) конфликтов [4], возникает острая необходимость в системе мероприятий по подготовке к защите населения от опасностей, возникающих при ведении военных действий или в следствии этих действий (гражданская оборона как система с 1997 года в Украине – отсутствует).

Во-вторых, гражданская защита населения как основная функция государства по сохранению и поддержанию безопасности жизнедеятельности в условиях чрезвычайных ситуаций военного характера, предусматривает наличие современной системы выявления и оценки радиационной обстановки. Под радиационной обстановкой (РО) целесообразно понимать не только обстановку, которая складывается на территории административного района или населённого пункта в результате радиоактивного заражения местности (РЗМ) и которая требует

принятия определённых решений по мерам защиты [1, 2], но и прежде всего, обстановку, связанную с мощными дозовыми нагрузками при воздействии импульсного гамма-нейтронного воздействия проникающей радиации (ПР) ядерного взрыва. Не учёт данного радиационного фактора может существенно повлиять на степень радиационного поражения населения в условиях возможного применения агрессором ядерного оружия [3-7].

Правовые основы для создания такой системы в Украине закреплены в законах и других подзаконных актах, основывающиеся на Международной правовой базе.

В-третьих, устаревшие медико-радиологические нормы в оценке воздействия гамма-нейтронного излучения, реализованные в войсковых нормах радиационной безопасности (обеспечивающие выполнение поставленной боевой задачи), безусловно, заставляют пересматривать нормативные подходы при оценке степени радиационного поражения мирного населения в условиях решения задачи сохранения населения, а также разрабатывать новые нормативные критерии использования методов и способов выявления радиационной обстановки [10].

В-четвёртых, сохранившиеся фрагменты ранее существующей единой системы выявления и оценки масштабов и последствий применения оружия массового поражения (ЕСВОП) охватывающие пункты управления всех силовых структур и ведомств – морально и технически устарели. Средства засечки и выявления параметров ядерных взрывов в Украине отсутствуют, а разработка новых технических решений прекратилась с конца 80-х годов.

В-пятых, невозможность существующей системе экологического мониторинга, а также развёрнутым систем раннего предупреждения о радиационной аварии на АЭС Украины (система ядерно-радиационного мониторинга ГАММА и RODOS) своевременно представлять полную и достаточную информацию для оценки радиационных потерь мирного населения при проявлении радиационных угроз военного характера. С учетом сказанного в настоящее время проявляется в полной мере фактическая невозможность своевременного предоставления, в рамках существующей системы экологического мониторинга, полной и достаточной информации для оценки радиационных потерь мирного населения при проявлении радиационных угроз военного характера.

Сложившаяся ситуация приводит к необходимости поиска новых подходов для получения такой информации, особенно в городских условиях, где существует возможность использования разветвлённой сети базовых станций телекоммуникационной системы.

***Анализ последних исследований и публикаций.*** Проведённый анализ открытых источников, показывает, что вопросам создания ком-

плексной системы выявления и оценки радиационной обстановки военного характера уделено в литературе недостаточно внимания.

В работах [11, 12] анализируется роль и место войсковой дозиметрии в системе выявления и оценки радиационной обстановки. Рассматриваются основные информационные потоки на различных этапах управления, позволяющие объективно оценивать и прогнозировать боеспособность подразделений и частей по радиационному фактору. В исследовании [12] анализируются методологический аппарат создания датчиков выявления боеспособности подразделений и частей в радиационном отношении, оценивается возможность оперативного прогнозирования степени радиационного поражения, для реализации ситуационного управления в системе войсковой дозиметрии. В тоже время концептуальные подходы к созданию таких систем для сохранения безопасности жизнедеятельности мирного населения в условиях чрезвычайных ситуаций военного характера не проработаны.

В рамках создания комплексной территориальной системы мониторинга чрезвычайных ситуаций различного происхождения в работе [14], предложена многоуровневая структура системы мониторинга радиационной обстановки. Рассмотрен классический контур управления, особенности прохождения первичной информации в системе принятия решений. В исследованиях отмечается, что для оперативного моделирования ситуации необходимо наличие баз данных (знаний) и автоматизированной системы обработки информации, работающей в реальном масштабе времени. Однако, в работе не рассмотрены сами средства контроля первичной информации и задачи решаемые радиационным мониторингом. В тоже время известно, что эффективность таких систем определяется не только оперативностью, но и такими критериями как точность и полнота первичной информации о радиационном факторе. В работе [15] исследуется качество информации, полученной от приборов радиационной разведки местности. Полнота радиационной разведки рассматривается как критерий качества выявления радиационной обстановки в современных условиях.

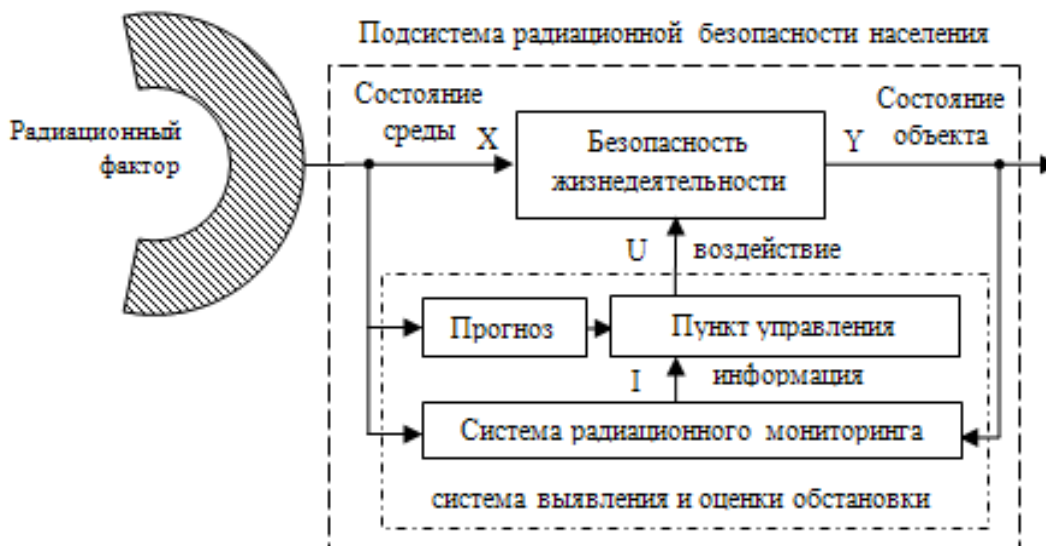
Таким образом, в рамках реализации комплексной территориальной многоуровневой системы мониторинга чрезвычайных ситуаций (ЧС) различного происхождения [14] открытым остаётся вопрос разработки научно-технических основ построения систем выявления и оценки радиационной обстановки для обеспечения безопасности жизнедеятельности населения Украины в условиях возникновения ЧС военного характера, что и определяет цель исследований.

**Постановка задачи и её решение.** Цель данной работы – определить роль радиационного мониторинга в оценке радиационной обстановки для обеспечения безопасности жизнедеятельности населения во время чрезвычайных ситуаций военного характера. Рассмотреть

критерии для построения системы радиационного мониторинга основанной на прогнозировании степени радиационного поражения населения, по данным регистратора параметров радиационного фактора. Предложить концепцию построения таких систем, учитывающих импульсное гамма-нейтронное воздействие проникающей радиации на население городов.

*1. Оценка эффективности системы выявления радиационной обстановки в чрезвычайных ситуациях военного характера*

Под эффективностью системы выявления и оценки радиационной обстановки, как правило, понимают степень соответствия результатов её функционирования целевому назначению этой системы. Эффективность зависит от множества свойств (параметров) и возможностей системы и может быть оценена при помощи показателей, характеризующих способность системы исполнять задание по предназначению, в установленный срок, в конкретных условиях (рис. 1) [11].



**Рис. 1. Блок-схема функционирования системы радиационной безопасности населения в условиях воздействия радиационных факторов**

Показатель эффективности должен наиболее полно отображать цель действий. При решении задач радиационного мониторинга обобщённый показатель эффективности должен удовлетворять некоторым требованиям: 1) своевременно обеспечивать пункты управления (штабы гражданской защиты) достоверной и полной информацией о РО; 2) давать возможность оценивать способность системы выполнять задания по своему алгоритму; 3) должен иметь количественное выражение; 4) учитывать основные особенности и возможную неопределённость условий функционирования системы выявления и оценки РО. Для этого необходимо оперировать диапазоном определенных параметров, а величину показателя эффективности выразить математическим ожида-

нием (или вероятностью) с наименьшей дисперсией. Результаты расчётов, по выбранному показателю, эффективность и их анализ является основой выбора целесообразных способов построения системы радиационного мониторинга. Поскольку информация о фактической радиационной обстановке (I), выдаваемая системой радиационного мониторинга (рис. 1), используется для принятия оптимального решения для защиты населения от радиационных факторов, то эффективность функционирования такой системы целесообразно и необходимо оценивать по величине вклада, который она вносит в данное решение (U) и в целом – в безопасность жизнедеятельности населения.

На рис. 2 представлены традиционные задачи радиационного мониторинга в условиях воздействия радиационных факторов в системе гражданской обороны [2].



**Рис. 2. Задачи радиационного мониторинга при чрезвычайных ситуациях военного характера**

В зависимости от радиационной ситуации возможен приоритет той или иной задачи, однако всегда превентивной задачей будет достоверная засечка факта изменения РО и возможность измерения необходимых параметров воздействующего фактора.

Основным показателем эффективности системы выявления и оценки РО является величина математического ожидания предотвращённых потерь (M) среди мирного населения в условиях воздействия радиационных факторов

$$M = \frac{B_0 - B_1}{B_0}, \quad (1)$$

где  $B_0$  и  $B_1$  – соответствующие радиационные потери населения при выполнении управленческих решений (U), принятых без информации от системы радиационного мониторинга и с использованием данной информации.

Радиационные потери  $B_0$  могут быть обусловлены не только отсутствием всякой информации РО, но и неполной или недостоверной информацией от существующей системы радиационного мониторинга.

Размеры и структура радиационных потерь в очаге ядерного поражения чрезвычайно изменчивы и зависят от ряда факторов: 1) количества и калибра боеприпасов; 2) способа их применения; 3) вида взрывов; 4) степени инженерного оборудования городской застройки; 5) обученности населения мерам защиты и т.д.

Однако данные потери всегда будут массовыми, и зависеть от разнообразной структуры и степени тяжести радиационного поражения (табл. 1). Видно, что каждая степень тяжести радиационного поражения характеризует как процент гибели населения, так и сроки наступления данного события ( $T_{кр}$ ).

Проведённый анализ критериев безопасности жизнедеятельности населения в условиях радиационного поражения, показывает, что сам термин «жизнеспособность» после получения значительных дозовых нагрузок напрямую связан с либо вероятностью выздоровления при условии своевременного оказания медицинской помощи, либо с вероятностью гибели человека в заданный промежуток времени ( $T_{кр}$ ).

В этих условиях имеет смысл оперировать не категориями потери дееспособности (работоспособности), что актуально для подразделений МЧС, а пользоваться именно клинической терминологией в оценке степени тяжести радиационного поражения, привязанной к временной шкале исходов протекания острой лучевой болезни (табл. 1) [8, 9].

**Табл. 1. Критерии тяжести радиационного поражения, без лечения населения [8]**

| Степень тяжести радиационного поражения |                           | Начало первичной реакции | Гибель (%) | Критическое время $T_{кр}$ (сут) |
|---|---------------------------|--------------------------|------------|----------------------------------|
| <b>Лёгкая</b> (до 2 Гр)                 |                           | -                        | -          | -                                |
| <b>Средняя</b> (2-4 Гр)                 |                           | 1-2 ч                    | 20         | 30-40                            |
| <b>Тяжёлая</b> (4-6 Гр)                 |                           | 30 мин-1 ч               | 50-80      | 30-40                            |
| <b>Крайне тяжёлая</b>                   | костно-мозговая (6-10 Гр) | 15-30 мин                | 90-100     | 11-20                            |
|   | кишечная (10-20 Гр)       | 5-15 мин                 | 100        | 6-8                              |
|   | токсемическая (230-80 Гр) | 0                        | 100        | 3-5                              |
|   | церебральная (>80 Гр)     | 0                        | 100        | 1-2                              |

В табл. 2 нами смоделированы условия формирования дозовой нагрузки мирного населения при возможной радиационной опасности военного характера. Анализ способов применения тактического ядерного оружия [3-7] свидетельствует о том, что расчёт делается на разви-

тие крайне тяжёлой формы острой лучевой болезни и гибели, поражённых в течение нескольких суток. При этом сравнительно мала доля поражённых средней и легкой степени тяжести, потеря дееспособности которых отсрочена от момента воздействия проникающей радиации ( $D_{пр}$ ) на несколько часов. В этих условиях радиоактивное заражение местности ( $D_{рзм}$ ) в таких очагах практически отсутствует, однако в большей степени присутствует наведённая активность ( $D_{нав}$ ), как местности так и зданий городской застройки (ситуация 1.2 табл. 2).

Представленные результаты (табл. 2) показывают, что в условиях отсутствия средств защиты органов дыхания у населения и при пребывании его в очагах РЗМ (ситуация 2.2, 3.1, 4 табл. 2) возникает острая необходимость учитывать их внутреннее облучение: ингаляционное ( $D_{инг}$ ) и пероральное ( $D_{пер}$ ).

Таким образом, суммарная дозовая нагрузка, определяющая остроту и тяжесть радиационного поражения, должна определяться корректной оценкой каждой отдельной компонентой облучения. Для принятия оптимального решения по защите населения необходимо иметь также информацию о дозовом резерве населения чтобы определить нижний порог радиационного воздействия, который может измениться при эвакуации облученных людей транспортными средствами, которые могут быть также загрязнены, а следовательно вносить свой вклад ( $D_{тех}$ ) в суммарную дозовую нагрузку.

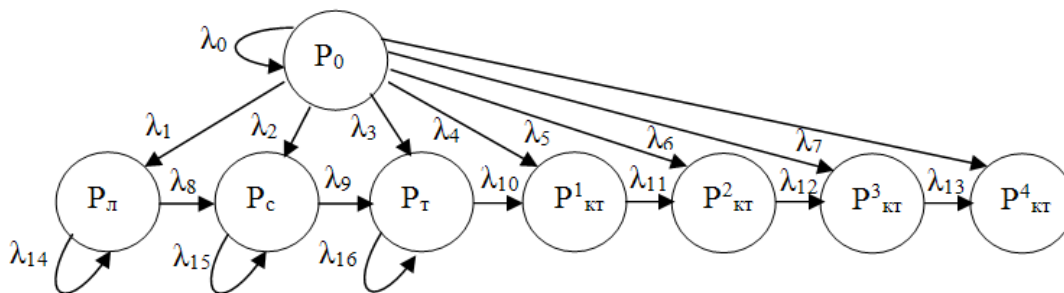
**Табл. 2. Источники радиационной опасности военного характера и их дозовая нагрузка**

| №   | Радиационная ситуация                            | Условия формирования дозовой нагрузки                      |
|-----|--|--|
| 1   | <b>Применения ЯО</b>                             |  |
| 1.1 | термоядерный боеприпас                           | $D_{\Sigma} = 0,05D_{пр} + 0,1D_{рзм}$                     |
| 1.2 | нейтронный боеприпас                             | $D_{\Sigma} \approx 0,8D_{пр} + 0,1(D_{нав} + D_{рзм})$    |
| 2   | <b>Разрушение предприятий ядерной энергетики</b> |  |
| 2.1 | разрушение АЭС ЯВ                                | $D_{\Sigma} = 0,9D_{мес} + 0,1(D_{инг} + D_{тех})$         |
| 2.2 | разрушение ПЗРО                                  | $D_{\Sigma} \approx 0,1D_{инг} + 0,9D_{пер}$               |
| 3   | <b>Аварии на АЭС</b>                             |  |
| 3.1 | в период формирования РЗМ (до 4 сут)             | $D_{\Sigma} = 0,5D_{мес} + 0,45D_{инг} + 0,05D_{оде}$      |
| 3.2 | начальный период стабилизации РЗМ (3-4 мес)      | $D_{\Sigma} = 0,8D_{мес} + 0,1D_{инг} + 0,1D_{тех}$        |
| 3.3 | стабилизация РЗМ (2-3 года)                      | $D_{\Sigma} = 0,1D_{мес} + 0,5D_{инг} + 0,4D_{пер}$        |
| 4   | <b>Применение радиологического оружия</b>        | $D_{\Sigma} \approx 0,01D_{мес} + 0,9D_{инг} + 0,5D_{пер}$ |

На рис. 3 представлена розроблена нами модель можливих ситуацій, що виникають при впливі радіаційного фактора ЯВ на життєспроможність населення.

Модель не враховує впливи інших уражаючих факторів ЯВ і не розглядає частку відновлення життєспроможності за рахунок внутрішніх сил організму. Інтенсивність переходів ( $\lambda_i$ ) з стану в стану залежить від величини поглищеної дози, від її просторово-часового розподілу, від залишкової дози облучення населення і може бути описана законом розподілу Пуассона.

При радіаційному моніторингу повинні враховуватися, як ситуація первинного впливу радіаційного фактора  $\lambda_0 - \lambda_7$  – діяння ПР (найпростіший, стаціонарний потік), так і повторного облучення  $\lambda_8 - \lambda_{16}$ , яке пов'язано, наприклад, з додатковим облученням при виході з зон радіоактивного зараження, або в результаті контакту з зараженою технікою після виходу з зони РЗМ.



**Рис. 3. Графи состояний степени тяжести радиационного поражения при воздействии радиационного фактора (P0 – вероятность отсутствия радиационного поражения; Pл – вероятность получения лёгкой степени тяжести поражения; Pc – вероятность получения средней степени тяжести поражения; Pт – вероятность получения тяжёлой степени тяжести поражения; P<sup>1</sup><sub>кт</sub>, P<sup>2</sup><sub>кт</sub>, P<sup>3</sup><sub>кт</sub>, P<sup>4</sup><sub>кт</sub> – вероятности получения крайне тяжёлой степени тяжести костно-мозговой формы, кишечной, токсемической и церебральной соответственно**

В любом случае причины переходов в новые состояния связаны с возможными вариантами действий населения, совпадать с оценкой радиационных потерь в условиях фактической радиационной обстановки и учитывать специфику воздействующего радиационного фактора

$$\lambda_j = \lambda_{пр} + \lambda_{зз} + \lambda_{пз} + \lambda_{т} + \lambda_{инг} , \tag{2}$$

где  $\lambda_{пр}$  – интенсивность перехода за счёт импульсного воздействия гамма-нейтронного излучения проникающей радиации;  $\lambda_{зз}$  – интенсивность перехода за счёт пребывания в определённой зоне заражения;  $\lambda_{пз}$  – интенсивность перехода за счёт воздействия смешанного бета-гамма излучения при преодолении зоны заражения;  $\lambda_{т}$  – интенсивность



перехода за счёт контакта с зараженной техникой в том числе и за счёт наведённой активности;  $\lambda_{\text{инг}}$  – интенсивность перехода за счёт ингаляционного воздействия альфа, бета излучений.

Контроль доз облучения может проводиться либо с помощью войсковых дозиметров (группой или индивидуально), что неприемлемо для мирного населения, либо по данным прогноза выполненного на основе сведений об уровнях радиации на РЗМ. Невозможность определения дозовой нагрузки ( $D_{\text{пр}}$ ) на этапе первичного облучения  $\lambda_0 - \lambda_7$  от импульсного гамма-нейтронного излучения ПР (рис. 3), с оперативной и достоверной оценкой тяжести радиационного поражения, заставляет искать пути решения данной проблемы.

Другим фактором, определяющим радиационные потери населения, является задержка в реализации защитных мер, которая включает в себя время на сбор и обработку информации, принятие решения и его непосредственное исполнение. На рис.4 показана зависимость радиационных потерь ( $B$ ) от времени на принятие управленческого решения ( $T_{\text{пр}}$ ).

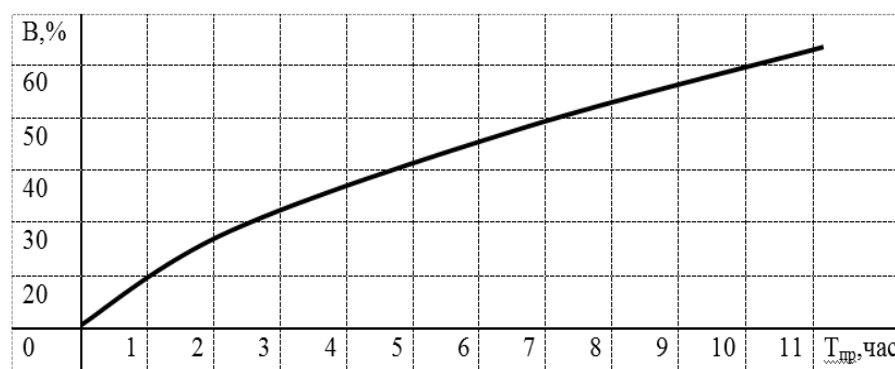


Рис. 4. Зависимость радиационных потерь от времени принятия решения [13]

Из графика рис. 4 необходимо сделать вывод, что нужна очень мобильная система радиационного мониторинга, чтобы полученная информация мгновенно передавалась по каналам связи для принятия решения (без искажения), а само оптимальное управленческое решение (воздействие  $U$ ) формируется на основе анализа заранее подготовленных баз данных для конкретных ситуаций (пространства состояний). Только в этих условиях определяющую роль в снижении потерь будет иметь уровень эффективности функционирования системы радиационного мониторинга.

В зависимости от того, есть модель радиационной ситуации или нет, нами предложено два очень важных подхода к использованию измеренных параметров радиационного фактора ( $X$ ) системой радиационного мониторинга: адаптация с моделью и поисковую адаптацию (без модели), которые существенно отличаются друг от друга (рис. 5). При наличии адекватной модели ( $F$ ) для синтеза адаптирующего воздей-

ствия достаточно измерить параметры радиационного фактора ( $X$ ) и по алгоритму и модели «вычислить» необходимое адаптирующее воздействие, которое должно поддерживать нужную степень жизнеспособности. Блок-схема такой адаптивной системы представлена на рис. 5,а. Если модель адекватна, то  $Y_m = Y$  и нет необходимости измерять состояние объекта, а значит можно подобрать такое управляющее воздействие, чтобы состояние  $Y_m$  удовлетворяло целям обеспечения безопасности жизнедеятельности в условиях сложной радиационной обстановки.

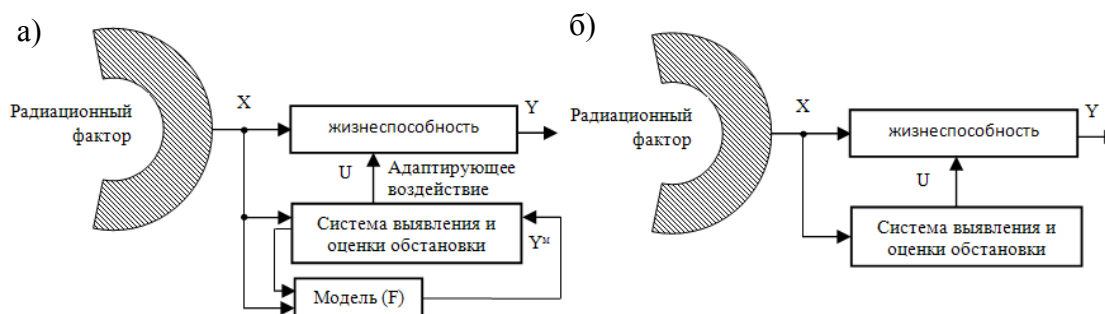


Рис. 5. Блок-схема адаптации в условия воздействия радиационного фактора: а – апостериорной адаптации, б – априорной адаптации)

Если число возможных ситуаций, которые могут сложиться при воздействии радиационного фактора, невелико, то именно для этих ситуаций можно заранее решить задачу адаптации и заготовить необходимые адаптирующие воздействия в виде таблицы оптимальных решений. В этом случае процесс адаптации сводится к оценке ситуации (по измеренным параметрам радиационного фактора), выбору из таблицы решений информации об оптимальном адаптирующем воздействии и реализации этого воздействия на объект. Такого рода адаптацию принято называть [11] априорной, так как все здесь заготавливается заранее (априори) в виде решающей таблицы: ситуация ( $X$ ) – необходимое оптимальное адаптирующее воздействие ( $U$ ). Блок-схема такой априорной адаптации приведена на рис.5б. Исследования показали, что получение прогнозируемой информации о дееспособности такими средствами возможно путём применения методик оценки и моделей взаимодействия ионизирующих излучений на живой организм. Разбиение пространства признаков воздействия радиационного фактора на классы по эффекту воздействия представителей класса на каждый из типовых объектов инфраструктуры города позволяет применить схему ситуационного управления. Наиболее сложные аспекты построения таких систем с точки зрения учёта измерения радиационных характеристик с последующим прогнозированием как дозовых нагрузок, так и тяжести радиационных поражений от импульсного гамма-нейтронного излучение ПР ЯВ рассмотрены в работах [11, 12].

Уровень оперативности, полноты и точности информации от системы радиационного мониторинга, как факторов, которые влияют на потери населения, целесообразно описать выражением [13]

$$V_1 = V_0 (1 - P_{oi})^{0,035}, \quad (3)$$

где  $P_{oi} = \prod_{i=1}^m P_i$  – вероятность того, что информация (I) о радиационной обстановке от системы радиационного мониторинга получена своевременно и является полной, достоверной и точной;  $m$  – количество задач в системе радиационного мониторинга (рис. 2).

Оценим влияние качества информации о радиационной обстановке согласно выражению (3) на радиационные потери населения для наиболее вероятных угроз военного характера (рис. 6).

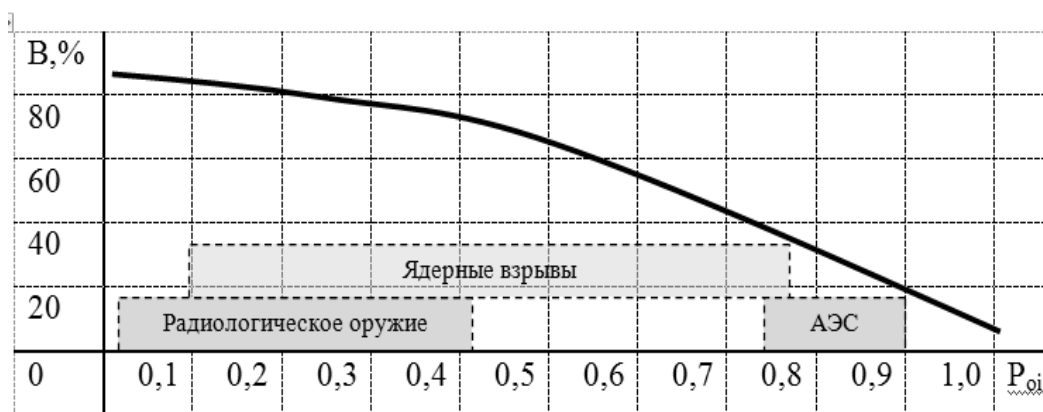


Рис. 6. Зависимость радиационных потерь от  $P_{oi}$

Из графика видно, что наибольшей вероятностью можно ожидать своевременной, достоверной и точной информации в ситуации разрушения (аварии) стационарных объектов ядерной энергетики, в силу:

- определённости ситуации и измеряемых характеристик радиационного фактора;
- развёрнутых систем раннего предупреждения о радиационной аварии на АЭС (система ядерно-радиационного мониторинга ГАММА и RODOS).

В условиях применения агрессором как радиологического, так и ядерного оружия, наибольшие радиационные потери, из-за отсутствия таких систем, ожидаются среди жителей крупных городов (рис. 6). Поэтому разрабатываемые системы радиационного мониторинга сами должны быть радиационно- и помехоустойчивыми системами.

*2. Моделирование степени радиационного поражения населения по результатам воздействия импульсного гамма-нейтронного излучения проникающей радиации.*

В условиях отсутствия в Украине станций засечки параметров ЯВ, фиксирующих факт воздействия импульсного гамма-нейтронного излучения и невозможность контроля доз облучения у мирного населения техническими средствами дозиметрического контроля, нами предлагается использование специальной аппаратуры, обеспечивающей:

- 1) фиксацию факта воздействия радиационного фактора;
- 2) определение воздействующих характеристик, по которым определяются возможные радиационные последствия;
- 3) выбор рациональной стратегии оперативных контрмер по защите мирного населения.

Прогнозирование дозовых нагрузок ( $D_{пр}$ ), т.е. степени радиационного поражения населения, на различных расстояниях от точки регистрации радиационных характеристик датчиком возможно благодаря существующей изотропии поля ПР, а также наличию равновесного спектра излучения на расстояниях, представляющих практический интерес с точки зрения биологического действия нейтронов [8, 9, 10].

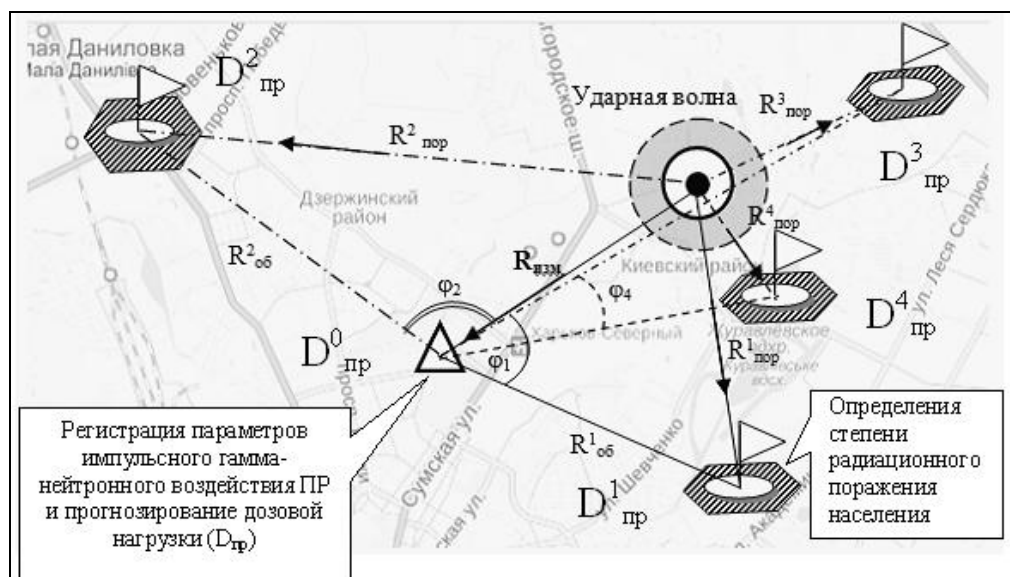
Точное определение характеристик полей нейтронов и гамма-квантов представляет сложную задачу, поэтому их значения могут быть получены путём измерений, с использованием достаточно хорошо проработанных методов определения направления на источник проникающего излучения, позволяющего оценить расстояние до источника и его мощность. Получение прогнозируемой информации о степени радиационного поражения такими средствами возможно при использовании методик оценки и моделей взаимодействия радиационного фактора на живой организм.

Предложенный подход к определению степени тяжести радиационного поражения населения включает 2 этапа [12]: 1) этап измерений регистратором: поглощённых доз гамма и нейтронного излучения; запаздывание прихода нейтронного излучения; энергии излучения, расстояния до взрыва; 2) этап непосредственно прогнозирования поглощённых доз гамма-нейтронного излучения в интересующих нас точках с учётом базовых данных (рис. 7).

Вероятность успешной оценки степени тяжести воздействия импульсного гамма-нейтронного воздействия ПР ЯВ путём прогнозирования дозовых нагрузок предложенным выше способом, целесообразно описать следующим выражением [13]

$$P_{oi} = \frac{\beta \cdot K_{полн} \cdot (1 - P_{пораж})}{1 + \beta} \cdot \left( 1 - e^{-\left( \frac{T_{кр}}{t_{пер} + \frac{S_{II}}{S_m \cdot n}} \right)} \right), \quad (4)$$

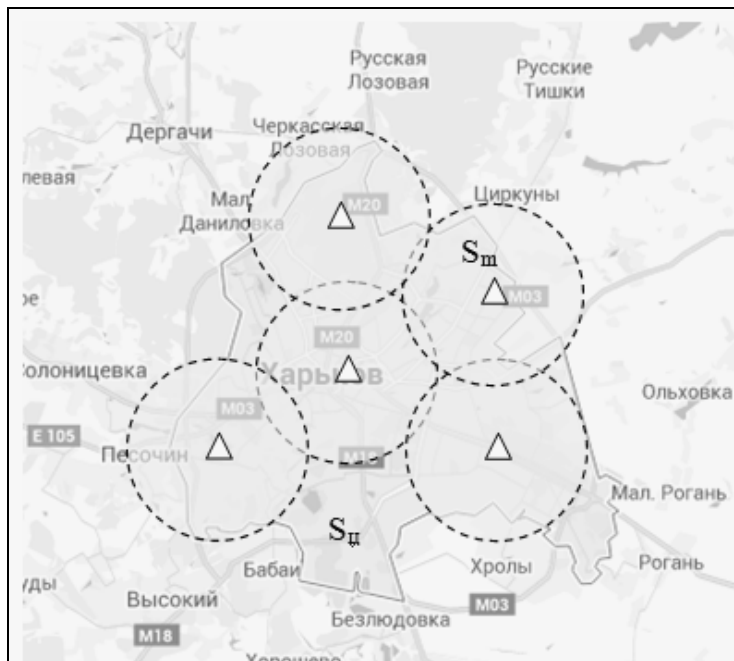
где  $P_{\text{пораж}}$  – вероятность выведения из строя датчика как избыточным давлением, так и его поражение ЭМИ (ИИ) ЯВ в период выполнения задачи.



**Рис. 7. Схема определения степени радиационного поражения населения по результатам воздействия импульсного гамма-нейтронного излучения проникающей радиации**

Вероятность (4) будет зависеть от важности объекта (коэффициент  $\beta$ ) школы, детские сады, больницы, жилые многоэтажные дома – по степени присутствия населения и их степени защиты; от полноты учёта как воздействующего фактора, так и защитных свойств объекта (коэффициент  $K_{\text{полн}}$ ); от времени, которое теряется на передачу информации ( $t_{\text{пер}}$ ); от времени, по окончании которого информация о спрогнозированной степени тяжести поражения (табл. 1) не приведёт к значительному уменьшению потерь населения в зоне воздействия радиационного фактора ( $T_{\text{кр}}$ ); от масштаба необходимого контроля  $S_{\text{ц}}$ , а также, безусловно, от возможности одного датчика, количества датчиков ( $S_{\text{m,n}}$ ), участвующих в контроле (рис. 8).

Разбиение пространства признаков воздействия радиационного фактора на классы по эффекту воздействия на типовые объекты городской инфраструктуры позволяет применить схему ситуационного управления. Задержка реакции здесь определяется лишь временем фиксации радиационного фактора и переходными процессами в объекте, вызванными изменением вида управляющего воздействия (временем поиска управляющего воздействия – можно пренебречь).



**Рис. 8.** Полнота необходимого контроля пространства состояний параметров среды

Проведём оценку эффективности прогнозирования степени радиационного поражения населения по данным датчика воздействия импульсного гамма-нейтронного излучения проникающей радиации. Примем поток смены степени тяжести радиационного поражения населения, обусловленный воздействием ПР – простейшим. При этом условную вероятность получения населением  $j$  – объекта данной степени радиационного поражения (рис. 3) можно оценить с помощью выражения

$$P_j = \frac{\lambda_j}{\sum_{j=1}^m \lambda_j}, \quad (5)$$

где  $\lambda_j$  – интенсивность смены степени тяжести радиационного поражения населения  $j$  – объекта;  $m$  – количество объектов в городе.

Среднее активное время реагирования на ситуацию  $T_a$  определяется как математическое ожидание

$$T_a = \sum_{j=1}^m P_j \cdot (t_{vj} + t_{oj} + t_{yj} + t_{рнм}), \quad (6)$$

где  $t_{vj}$  – время выявления дозовых нагрузок населения в  $j$ -м объекте;  $t_{oj}$  – время, необходимое для непосредственной оценки степени тяжести радиационного поражения населения  $j$ -го объекта с учётом ранее полу-

ченных дозовых нагрузок и определения дозового резерва;  $t_{yj}$  – время на принятие (выработку) решения по защите населения;  $t_{рнм}$  – время на реализацию неотложных мер.

Из выражения (6) видно, что в условиях применения тактического ядерного оружия массовые радиационные поражения мирного населения приведут к резкому возрастанию времени на реагирования за счёт сбора и обработки информации. Применение технических средств прогнозирования дозовых нагрузок позволит учесть особенности неравномерного облучения населения в зданиях городской застройки [10] и существенно ускорить процесс оценки степени тяжести радиационного поражения, а значит, и своевременно принять эффективные меры по защите населения.

В данных условиях время, затрачиваемое на сбор индивидуальной дозиметрической информации, практически теряет смысл, поэтому прогноз осуществляется до объекта с уточнёнными особенностями его размещения ( $K_{осл}$ ). В этих условиях значительно сокращается и время на обработку информации при применении ситуационного управления.

Таким образом, при прогнозировании степени тяжести радиационного поражения выражение среднего активного времени реагирования на ситуацию имеет вид

$$T_a^n = \sum_{j=1}^m P_j \cdot (\tau_{\text{прогноз}j} + t_{\text{рнм}}). \quad (7)$$

В этом случае эффективность от применения ситуационного управления путём прогнозирования степеней радиационного поражения населения при воздействии импульсного гамма-нейтронного излучения можно оценить с помощью выражения [11]

$$W = \frac{T_a}{T_a^n} = \frac{\sum_{j=1}^m P_j \cdot (t_{vj} + t_{oj} + t_{yj} + t_{\text{рнм}})}{\sum_{j=1}^m P_j \cdot (\tau_{\text{прогн}j} + t_{\text{рнм}})}. \quad (8)$$

В выражении (8)  $t_{vj} + t_{oj} + t_{yj} \gg \tau_{\text{прогн}j}$ , в связи с тем, что прогнозирование проходит практически мгновенно после регистрации параметров проникающей радиации (X). Поэтому  $W \gg 1$ ,  $T_a^n \ll T_a$ .

**Выводы.** В условиях возникновения чрезвычайных ситуаций военного характера с применением тактического ядерного оружия возникает необходимость применения эффективных систем радиационного мониторинга для выявления и оценки радиационной обстановки. В этой связи возникает необходимость разработки системы радиационного мониторинга на базе комплексной системы мониторинга террито-

рии Украины. Высказаны представления о решающей роли системы радиационного мониторинга при оценке радиационной обстановки военного характера. Предложены обоснованные критерии для построения такой системы.

Впервые систематизированы радиационные чрезвычайные ситуации военного характера и смоделированы условия формирования дозовой нагрузки мирного населения в условиях радиационной опасности. Разработана математическая модель возможных ситуаций, возникающих при воздействии радиационного фактора ядерного взрыва на жизнеспособность населения.

Разработан системный подход для оценки измеренных параметров радиационного фактора системой радиационного мониторинга, с учетом тяжести радиационного поражения населения. На основе этих результатов предложено учёт степени тяжести радиационных потерь (при воздействии импульсного гамма-нейтронного излучения проникающей радиации) проводить по результатам доз облучения населения городов рассчитанных на основе данных регистраторов параметров радиационного фактора.

Для реализации предложения по п.3 в состав аппаратуры радиационного мониторинга предложено включить регистратор параметров радиационного фактора (для фиксации воздействующих импульсов в конкретный момент времени), что позволит существенно повысить оперативность и точность прогноза степени радиационного поражения населения и сократить время принятия антикризисных решений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения: Справочник / Под редакцией Г.П. Демиденко. 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1989. – 287 с.
2. Стеблюк М.І. Цивільна оборона та цивільний захист / М.І. Стеблюк – К.: Знання-Прес, 2007. – 487 с.
3. Василенко И.Я. Ядерное оружие нового поколения и его радиационно-гигиенические аспекты / И.Я. Василенко, О.И. Василенко // Бюллетень по атомной энергии. – 2004. – №1. – С. 60-62.
4. Левшин В.И. О применении ядерного оружия для деэскалации военных действий / В.И. Левшин, А.В. Неделин, М.Е. Сосновский // Военная мысль. – 1999. – № 3(5-6). – С. 34 – 37.
5. Белоус В. Тактическое оружие в новых геополитических условиях / В. Белоус // Ядерный контроль. – 1996. – № 14. – С. 2 – 7.
6. Нейтронное оружие и характер его воздействия. Гражданская оборона. – 1977. – Вып. 6. – 98 с.



7. Соков Н. Тактическое ядерное оружие: новые геополитические реальности или старые ошибки / Н. Соков // Ядерный Контроль. – 1997. – № 26.

8. Моисеев А.А. Справочник по дозиметрии и радиационной гигиене. – 4-е изд., перераб. и доп. / Моисеев А.А., Иванов В. И. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 252 с.

9. Гуськова А.К. Лучевая болезнь человека / А.К. Гуськова, Г.Д. Байсоголов. – М.: Медицина, 1971. – 384 с.

10. Чернявский И.Ю. Особенности учета пространственно-временного распределения поглощённой дозы при оценке радиационных потерь в современных условиях / И.Ю. Чернявский // Український радіологічний журнал. – 2015. – Т. XXIII. – Вип. 2. – С. 193-196.

11. Чернявский И.Ю. Войсковая дозиметрия как система выявления оценки радиационной обстановки / И.Ю. Чернявский // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України: науково-технічний журнал. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2015. – №4(21). – С. 126-133.

12. Чернявский И.Ю. Оценка степени радиационного поражения путём прогнозирования дозовых нагрузок за данными датчика боеспособности / И.Ю. Чернявский, В.В. Марущенко, А.В. Матыкин // Системи озброєння і військова техніка: науково-технічний журнал. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2016. – №1(45). – С. 125 – 133.

13. Чернявський І.Ю. Обґрунтування шляхів вдосконалення системи збору та обробки інформації про РХБ обстановку при виконанні завдань підрозділами та частинами у складі ОСШР щодо нейтралізації збройного конфлікту / І.Ю. Чернявський // Інформаційний бюлетень військ РХБ захисту № 6(6) 2008. Науково-інформаційне видання. – Харків: ХІТВ, 2008. – 100 с.

14. Калугін В.Д. Розробка науково-технічних основ для створення системи моніторингу, попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру та забезпечення екологічної безпеки / В.Д. Калугін, В.В. Тютюнник, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // Системи обробки інформації. – Харків: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2013. – Вип. 9(116). – С. 204 – 216.

15. Чернявський І.Ю. Повышение качества проведения радиационной разведки районов путем увеличения контролируемой площади бортовым прибором радиационной разведки / І.Ю. Чернявський, В.В. Марущенко // Механіка та машинобудування. Науково-технічний журнал. – Харків: НТУ «ХП», 2010. – №1. – С. 217–222.

I.Ю. Чернявський, В.В. Тютюник, В.Д. Калугін

**Аналіз умов для створення системи виявлення та оцінки рівня радіаційної безпеки життєдіяльності населення при надзвичайних ситуаціях воєнного характеру**

В статті аналізується роль та місце радіаційного моніторингу в системі виявлення та оцінки рівня радіаційної обстановки для забезпечення безпеки життєдіяльності населення при надзвичайних ситуаціях воєнного характеру. Розглядаються критерії для розбудови системи радіаційного моніторингу, основаної на прогнозуванні ступеню радіаційного ураження населення за даними реєстратора параметрів радіаційного фактору.

**Ключові слова:** радіаційний моніторинг, радіаційний фактор, ступінь радіаційного ураження населення.

I.Y. Cherniavskiy, V.V. Tiutiunik, V.D. Kalugin

**Analysis of terms for creation of system exposures and estimation of radiation strength of vital functions of population security at emergencies of military character**

In the article a role and place of the radiation monitoring are analyzed in the system of exposure and estimation of level of radiation situation for providing of safety of vital functions of population at the emergencies of military character. Criteria are examined for the construction of the system of the radiation monitoring, degree of radiation defeat of population based on prognostication, from data of recorder of parameters of radiation factor.

**Keywords:** radiation monitoring, radiation factor, degree of radiation defeat of population.