

УДК 504.056:574

С. В. Барбашев<sup>1</sup>, В. И. Витько<sup>2</sup>, Г. Д. Коваленко<sup>2</sup><sup>1</sup> *Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, г. Киев*<sup>2</sup> *Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем, г. Харьков***АСКРО АЭС И СИСТЕМА РАННЕГО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ О РАДИАЦИОННЫХ АВАРИЯХ  
“ГАММА” — ОСНОВА ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ  
КОНТРОЛЯ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Приводится описание и анализ функционирующих в Украине автоматизированных систем контроля радиационной обстановки окружающей среды (АСКРО ОС), которые могут стать базой для проектирования и создания в Украине единой государственной АСКРО (ЕГАСКРО). Показано, что система раннего предупреждения о радиационных авариях “Гамма”, может стать основой ЕГАСКРО. При этом локальный уровень ЕГАСКРО может быть сформирован на основе АСКРО ОС районов расположения АЭС.

**Ключевые слова:** автоматизированная система контроля радиационной обстановки, окружающая среда, АЭС, система раннего предупреждения о радиационных авариях, единая государственная автоматизированная система контроля радиационной обстановки.

Несмотря на многолетние попытки создания в Украине государственной или, как ее еще называют в официальных документах, единой государственной автоматизированной системы контроля радиационной обстановки, этого так и не произошло. Воплощению в жизнь этих попыток не помогли даже решение Совета национальной безопасности и обороны Украины от 08.04.2011 года и Распоряжение Кабинета Министров Украины № 44-р от 25.01.2012 года [1, 2].

Однако элементы этой системы существуют и функционируют. Именно они и должны послужить основой для построения полноценной государственной АСКРО. Её укрупненная организационно-функциональная структура приведена на рис. 1. Здесь следует отметить, что каждый из перечисленных структурных элементов имеет свою организационно-функциональную структуру, не показанную на рисунке, но которая более подробно будет рассмотрена ниже.

Существующие в настоящее время элементы системы ЕГАСКРО — это, во-первых, отраслевые (ведомственные) системы, состоящие из объектов АСКРО окружающей среды. Они успешно и надежно функционируют на АЭС Украины. Во-вторых, это система раннего предупреждения о радиационных авариях “Гамма”, охватывающая муниципальный и территориальный уровни контроля. Концепция и схема организации такой системы были предложены еще в конце 1990-х годов харьковскими и киевскими учеными и специалистами [3, 4].

В настоящей статье приводится описание и анализ тех имеющихся и функционирующих в Украине автоматизированных систем радиационного контроля, которые могли бы послужить базой для проектирования и создания ЕГАСКРО на основе организационно-технической и информационной совместимости.

**АСКРО ОС на АЭС Украины.** Нижним иерархическим уровнем ЕГАСКРО на территории Украины можно считать АСКРО ОС на АЭС — объектовые системы, принадлежащие атомной отрасли страны.

Система АСКРО ОС АЭС предназначена для осуществления непрерывного автоматического контроля радиационной обстановки на промышленной площадке, в санитарно-защитной зоне (СЗЗ), зоне наблюдения (ЗН) АЭС при всех режимах работы станции, включая проектные и запроектные аварии, а так же при снятии АЭС с эксплуатации.

Рассмотрим организационно-функциональную структуру АСКРО ОС, которые имеются на АЭС Украины.

АСКРО ОС *Ривненской АЭС* (РАЭС), введенная в промышленную эксплуатацию в 2007 году, представляет собой автоматизированный комплекс постов контроля радиационной обстановки, из которых 16 размещены на территории промплощадки АЭС, а 13 — в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения станции [5, 6]. Система обеспечивает контроль радиационной обстановки на территории в 3 000 км<sup>2</sup>, где проживает около 130 тысяч человек в 90 населенных пунктах.

Наблюдение за радиационной обстановкой вокруг РАЭС ведется непрерывно в автоматическом режиме, что позволяет оперативно получать информацию с постов контроля, проводить систематический анализ данных, выполнять прогноз радиационной обстановки для всех населенных пунктов 30-километровой зоны наблюдения.

Исследования показали, что, в целом, система постов контроля АСКРО ОС РАЭС в плане их количества и расположения достаточна для выполнения своих функций и способна в существующей на сегодняшний день конфигурации регистрировать уровни выбросов, приводящие к необходимости объявления аварийной готовности, введения



Рис. 1. Организационно-функциональная структура ЕГАСКРО

контрмер по защите населения при аварийных ситуациях и реагирования на превышения допустимого выброса.

Тем не менее, было рекомендовано рассмотреть возможность увеличения количества удаленных постов в соответствии с картой распределения математического ожидания мощности экспозиционной дозы (МЭД) гамма-излучения на местности.

В 2012 году с целью повышения эффективности и информативности существующей на РАЭС АСКРО на станции начали проводить работы по её реконструкции. В число этих работ входила модернизация сети постов контроля, которая должна повысить вероятность регистрации практически любого выброса, в первую очередь — превышающего допустимый.

Несмотря на то, что установка дополнительных постов АСКРО увеличила бы эффективность этой системы, на станции посчитали, что в связи с тем, что АСКРО ОС полностью выполняет свои функции по оперативности контроля, нецелесообразно изменять существующую сеть постов по причине больших финансовых затрат на проведение этой работы.

Таким образом, в настоящее время схема расположения постов АСКРО РАЭС выглядит так, как и до модернизации: на промплощадке осталось 16 постов, в санитарно-защитной зоне — 2, а в зоне наблюдения — 11.

На постах контроля выполняется измерение активности газо-аэрозольных выбросов через все вентиляционные трубы энергоблоков АЭС, жидких сбросов, мощности дозы, концентрации йода и аэрозолей на промплощадке и в населенных пунктах района расположения РАЭС.

В составе АСКРО предусмотрены два передвижных поста контроля, оборудованных на автомобилях высокой проходимости. Передвижные посты оснащены комплектом оборудования для контроля радиационных, химических и метеорологических параметров ОС, а также оборудованием для отбора проб, проведения измерений в полевых условиях

и обеспечения автономного функционирования. Кроме того, автомобили снабжены оборудованием для определения координат объектов на местности и передачи информации по спутниковым каналам связи. Благодаря этому они могут работать в любой точке 30-километровой зоны наблюдения станции, а также оказывать помощь в проведении радиационной разведки на других АЭС Украины.

В состав центрального пункта контроля (ЦПК) АСКРО входят два метеорологических комплекса, с помощью которых определяются более 30 метеорологических параметров, включая плотность потока солнечного излучения, баланс приходящего и уходящего излучения от поверхности земли, дальность видимости и состояние погоды по кодам Всемирной метеорологической организации.

Кроме этого, метеоконтакты осуществляют дистанционное зондирование атмосферы до высоты 3 000 м с определением горизонтальной скорости и направления ветра, скорости вертикальных движений воздуха, температуры воздуха по слоям, категории устойчивости атмосферы.

Информация о метеорологической обстановке и радиационных параметрах используется в программном комплексе оперативного прогноза радиационной обстановки в зоне наблюдения РАЭС, разработанного в Институте радиационной защиты Академии технологических наук Украины.

С помощью расчетного комплекса выполняется анализ радиэкологических последствий возможных аварий. Результаты анализа используются для поддержки принятия решений о защитных мероприятиях для персонала станции и жителей всех населенных пунктов 30-километровой зоны наблюдения при возникновении аварийной ситуации или радиационной аварии на РАЭС.

Для обеспечения функционирования программного комплекса на промплощадке РАЭС проложены оптоволоконные коммуникации, обеспечивающие передачу технологических и радиационных

параметров со всех энергоблоков. Передача информации осуществляется в режиме реального времени. Всего с энергоблоков передается около 85 000 технологических параметров.

В состав АСКРО входит автоматическая телефонная станция, связанная оптоволоконными линиями с Ривненской АЭС и узлом связи города Кузнецовска. В качестве резерва предусмотрены спутниковые каналы связи для передачи информации.

Информация, получаемая при помощи системы АСКРО ОС, передается руководству РАЭС, в ГП НАЭК “Энергоатом” и Государственную инспекцию ядерного регулирования Украины, Ривненскую областную государственную администрацию, областные управления Государственной службы по чрезвычайным ситуациям и экологии.

В 2002 году на *Запорожской АЭС* (ЗАЭС) была введена в эксплуатацию информационно-измерительная система (ИИС) “Кольцо”, являющаяся составной частью общей автоматизированной системы контроля радиационной обстановки на объектах станции [7]. По своей сути ИИС “Кольцо” является объектовой АСКРО ОС ЗАЭС.

Целью функционирования ИИС “Кольцо” является обеспечение станции оперативной и достоверной информацией, необходимой для анализа радиационного воздействия АЭС на объекты ОС и население с целью устранения или минимизации этого воздействия, а также для обнаружения и определения источников выбросов и сбросов радиоактивных веществ, в том числе неорганизованных.

В функции и задачи ИИС “Кольцо” входит поддержка кризисного реагирования при авариях на АЭС с выходом радиоактивных веществ за пределы территории промплощадки АЭС.

Она предназначена для:

регистрации выбросов радионуклидов в окружающую среду с сигнализацией отклонения от нормальных значений;

регистрации неорганизованных аварийных сбросов загрязненной радионуклидами воды в водоем-охладитель с сигнализацией об отклонении от нормальных значений;

оценки и прогнозирования радиационной обстановки на промплощадке, в СЗЗ и ЗН при всех режимах работы АЭС, включая проектные и запроектные аварии;

регистрации уровней радиоактивного загрязнения в регионе от источников, не связанных с работой АЭС.

Автоматическое измерение мощности дозы гамма-излучения, объемной активности и метеопараметров проводится с периодичностью опроса датчиков — 2 минуты.

В 2010 году было подготовлено техническое задание “Автоматизированная система контроля радиационной обстановки ЗАЭС”, в котором приведены

требования к модернизированной системе АСКРО, а в 2012 году выработано концептуальное решение о модификации АСКРО ОС Запорожской АЭС.

К сожалению, по разным причинам, модернизация системы АСКРО на ЗАЭС так и не завершилась. Она коснулась только количества постов контроля.

На основании проведенных расчетов было предложено так модернизировать сеть постов АСКРО станции (расположение и их количество), чтобы, исходя из данных о параметрах выброса АЭС и метеорологических особенностях территории, обуславливающих его распространение в атмосфере, можно было бы обеспечить полноту контроля и оперативно получать объективные результаты измерения параметров радиационной обстановки в окружающей среде ЗАЭС при всех режимах её работы.

По сравнению со старой схемой АСКРО (до модернизации) появился один новый пост — в районе г. Марганец.

Таким образом, в настоящее время на Запорожской АЭС установлен 31 пост АСКРО: 13 — на промплощадке и 18 — в СЗЗ и ЗН станции.

Кроме того, в состав АСКРО ОС входят три локальных центра управления (ЛЦУ) [8].

На ЗАЭС планируется установка программного комплекса расчетных методов и средств для оперативной оценки и прогноза аварийных радиационных воздействий и выработки рекомендаций по их снижению на основе программно-технического комплекса “Проза” [7].

Предполагается, что адаптация расчетных методов будет осуществляться на современном мощном персональном компьютере с разветвленным пользовательским интерфейсом, который будет размещаться в помещении ЛЦУ-3 в лаборатории внешнего радиационного контроля (ЛВРК). Таким образом, ЛЦУ-3 при нормальной эксплуатации ЗАЭС будет решать задачи радиозоологического мониторинга как радиационно-опасных объектов АЭС, так и района ее расположения. При возникновении аварийных ситуаций на базе ЛЦУ-3 разворачивается штаб по организации радиационной защиты персонала, участвующего в ликвидации последствий аварии, и населения региона.

Радиационный контроль в СЗЗ и ЗН средствами АСКРО проводится и на *Хмельницкой АЭС* (ХАЭС) [9]. Целью создания там АСКРО ОС является повышение эффективности радиационного контроля путем автоматизации процессов измерения, сбора, обработки, визуализации, архивирования и хранения информации о параметрах радиационной обстановки на промплощадке и в районе расположения АЭС.

АСКРО собирает информацию в режиме реального времени 1 раз в 2 минуты, длительно ее сохраняет

и предоставляет текущую и ретроспективную информацию о метеорологических параметрах и радиационной обстановке в установленных местах контроля. Считается, что такого объема информации достаточно, чтобы сделать вывод о превышении или не превышении допустимых уровней облучения персонала станции на промплощадке и населения, проживающего в районе её расположения.

Специальных исследований по обоснованию количества и расположения постов АСКРО ОС для Хмельницкой АЭС не проводилось. Они определялись эмпирически путем привязки к тем пунктам штатной сети радиационного контроля (РК), которые наилучшим образом соответствовали требованиям Отраслевого стандарта Украины по созданию АСКРО ОС [10].

В настоящее время в состав АСКРО входят 15 постов-контейнеров радиационного контроля, четыре из которых расположены на промплощадке, а остальные — в 30-километровой зоне. На промплощадке также находятся 14 постов контроля мощности дозы гамма-излучения. Информация с них передается на станцию сбора данных центрального поста контроля, расположенного в здании ЛВРК цеха радиационной безопасности, и на две станции сбора данных, расположенных на промплощадке АЭС. Информация поступает по кабельным линиям связи и радиоканалам (для постов контроля в СЗЗ и ЗН). Система обеспечивает автоматическое измерение следующих радиационных и метеорологических параметров: МЭД гамма-излучения; объемная активность аэрозолей и объемная активность радиоизотопов йода в воздухе; объемная активность радионуклидов в воде; скорость и направление ветра; атмосферное давление; относительная влажность воздуха; количество осадков; радиационный баланс земной поверхности и суммарная солнечная радиация; категория устойчивости атмосферы.

Стационарные посты-контейнеры оснащены системами охранной и пожарной сигнализации, а также системами климат-контроля.

АСКРО может функционировать в одном из трех режимов: основном, режиме полного контроля и технологическом. Основным режимом соответствует штатной работе ХАЭС. Перевод АСКРО в режим полного контроля осуществляется автоматически или по команде дежурного инженера при превышении уровня мощности дозы гамма-излучения или в случаях, предусмотренных Регламентом радиационного контроля ОП АЭС. Персонал обеспечивает контроль функционирования всех технических и программных средств АСКРО в круглосуточном режиме.

На Южно-Украинской АЭС (ЮУАЭС) в феврале 2014 года в опытную эксплуатацию введены 4 модернизированных аспирационных поста

автоматизированной системы контроля радиационной обстановки в окружающей среде АЭС.

Введенная в эксплуатацию на станции система АСКРО ОС решает задачи сбора, обработки, хранения и предоставления информации о состоянии ОС в режиме реального времени. Программное обеспечение новой автоматизированной системы дает возможность не только анализировать текущую радиационную обстановку, но и прогнозировать ее с учетом метеорологических параметров. Современный комплекс технических средств, на базе которого создана АСКРО, обеспечивает высокую надежность, оперативность, качество контроля и предоставления информации.

Основу АСКРО ОС составляют три одинаковых по выполняемым функциям ЦПК, расположенных непосредственно на щите радиационного контроля, в кризисном центре и лаборатории внешней дозиметрии АЭС. Показания на них по специальным дублированным каналам связи подаются с периферийных постов наблюдения, 12 из которых установлены в СЗЗ (радиус 2,5 км), а 13 — в ЗН (радиус 30 км) АЭС. Автоматический опрос постов проводится не реже 1 раза в 3 минуты.

Как и в случае с ХАЭС, исследований по обоснованию количества и расположения постов АСКРО ОС для ЮУАЭС не проводилось. Сеть постов формировалась путем привязки к тем пунктам штатной сети РК, которые наилучшим образом соответствуют требованиям Отраслевого стандарта Украины по созданию АСКРО ОС [10].

Дублирование ЦПК и каналов связи обеспечивает надежное функционирование системы при самых неблагоприятных внешних и внутренних воздействиях. Таким образом, АСКРО может бесперебойно функционировать как в условиях нормальной эксплуатации АЭС, так и при штатной ситуации. Переход в соответствующий режим осуществляется автоматически при превышении установленного уровня мощности дозы гамма-излучения.

Модернизированные аспирационные посты, введенные в опытную эксплуатацию на третьем этапе реализации проекта АСКРО, в условиях нормальной эксплуатации АЭС находятся в режиме ожидания. Включение в режим измерения происходит автоматически или в ручном режиме в случае возникновения аварийной ситуации.

Таким образом, на центральные пункты контроля кроме значений экспозиционной дозы гамма-излучения, метеопараметров и активности радионуклидов в воде промышленно-ливневой канализации и сбросного канала в режиме реального времени будет поступать информация об объемной активности радиоактивных аэрозолей и йода-131 в атмосферном воздухе.

Кроме стационарных постов наблюдения в состав АСКРО ОС входят две мобильные передвижные

лаборатории. Они размещены на автомобилях высокой проходимости, с помощью которых персонал лаборатории может произвести отбор проб и выполнить необходимые замеры в любой точке СЗЗ и ЗН. Специальное оборудование обеспечивает надежную прямую связь с центральными пунктами наблюдения.

Опытная эксплуатация третьей очереди АСКРО ОС длилась до конца 2014 года. И уже сегодня данные трех ее постов контроля (в городах Южноукраинск и Вознесенск, а также в пгт. Александровка), прошедших государственную метрологическую поверку, в режиме прямой трансляции отображаются на веб-сайте Южно-Украинской АЭС.

**Пути и способы усовершенствования АСКРО ОС на АЭС.** Приведенное выше описание систем АСКРО ОС, которые в настоящее время функционируют на АЭС Украины, показывает, что эти системы сформированы, в основном, с учетом положений отраслевого стандарта Украины [10] и выполняют возложенные на них функции. Однако следует сказать, что требования [10] по формированию сети постов контроля в полном объеме не выполнены. Так, применяемые на АЭС Украины АСКРО ОС не обеспечивают получения представительной информации о радиационной обстановке в районе расположения АЭС, т. к. в соответствии с [10] посты АСКРО располагаются преимущественно в населенных пунктах. При нормальной работе АЭС эти посты не в состоянии “заметить” отклонения в работе станции от нормального режима при существующих уровнях выбросов.

Контроль суточных выбросов на АЭС Украины осуществляется по трем группам радионуклидов: долгоживущие аэрозоли (ДЖА), инертные радиоактивные газы (ИРГ) и радиоизотопы йода ( $^{131}\text{I}$  и др.). Средние значения суточных выбросов РАЭС находятся на уровне:  $10^{11}$  Бк/сут для ИРГ,  $10^5$  Бк/сут для ДЖН,  $10^5 \dots 10^6$  Бк/сут для  $^{131}\text{I}$ ; ЗАЭС:  $10^{11}$  Бк/сут,  $10^5 \dots 10^6$  Бк/сут,  $10^4 \dots 10^5$  Бк/сут, соответственно. Как видно, выбросы ИРГ существенно, на 5...7 порядков, превышают выбросы ДЖА и  $^{131}\text{I}$ .

Радиационный гамма-фон от выбросов АЭС обусловлен в основном ИРГ (вклад ДЖА и радиоизотопов йода на четыре-шесть порядков меньше). Он составляет не более 0,2 % от естественного фона, поэтому заметить флуктуации радиационного фона от АЭС невозможно. Корреляционный анализ, при котором учитывались направление ветра, категория стабильности атмосферы, расстояние до станции и другие факторы, не выявил влияния АЭС [11, 12].

В табл. 1 приведены расчетные зависимости максимального техногенного вклада в радиационный фон от величины выбросов разных групп радионуклидов на расстоянии 1 км от АЭС [11, 13].

Расчетное значение фона (МЭД гамма-излучения) соответствует выбросам отдельно каждой из групп радионуклидов, представленных в соответствующих колонках. По данным многолетних наблюдений в районе расположения РАЭС и ЗАЭС радиационный фон колеблется в пределах  $\pm 3$  мкР/ч ( $\pm 30$  % от природного фона). Вклад в радиационный фон на уровне 3 мкР/ч возможен при минимальной величине выбросов ЗАЭС: ИРГ —  $1,7 \cdot 10^{14}$  Бк/сут, ДЖА —  $3,7 \cdot 10^{13}$  Бк/сут, радиоизотопов йода —  $3,7 \cdot 10^{13}$  Бк/сут; РАЭС: ИРГ —  $3,4 \cdot 10^{14}$  Бк/сут, ДЖА —  $5,6 \cdot 10^{13}$  Бк/сут,  $^{131}\text{I}$  —  $5,5 \cdot 10^{13}$  Бк/сут. В настоящее время выбросы ИРГ АЭС составляют  $10^{11}$  Бк/сут, т. е. на 3—4 порядка меньше выбросов, при которых вклад ИРГ в радиационный фон может быть сравним с величиной флуктуаций естественного радиационного фона, что свидетельствует о неэффективности применения АСКРО для контроля радиационной обстановки в районе расположения АЭС, работающей в штатном режиме.

В табл. 1 также приведены значения техногенного фона, соответствующего контрольным уровням (КУ) и допустимым выбросам (ДВ) трех групп радионуклидов. Как видно, выбросы ДЖН и  $^{131}\text{I}$ , по величине сравнимые с КУ, зарегистрированы не будут, также как и выбросы на уровне ДВ. Выбросы на уровне ДВ по ИРГ могут увеличить уровень радиационного фона в несколько раз, и, поэтому, они будут хорошо заметны при анализе динамики показаний датчиков АСКРО.

Выполненный выше анализ выбросов АЭС свидетельствует о том, что АСКРО ОС на АЭС будет оперативно и достоверно отражать радиационную обстановку при условии, если она будет формироваться за счет выбросов с активностью не менее  $10^{13}$  Бк/сут. Это говорит о том, что АСКРО является аварийной системой, которая должна входить составной частью в штатную систему радиационного контроля окружающей среды, создаваемую на АЭС в соответствии с проектом, и работающую в соответствии с регламентом РК ОС.

Для нормальной радиационной обстановки соответствующий режим работы АСКРО ОС может обеспечить только контроль соблюдения санитарно-гигиенических нормативов по выбросам АЭС.

Следует также отметить, что сформированные на АЭС по требованиям [10] и [14] сети пунктов АСКРО “прозрачны” для выброшенных с АЭС и распространяющихся в атмосфере радионуклидов. На рис. 2 показано расположение 13 постов АСКРО в СЗЗ и ЗН Ривненской АЭС и 14 постов в ЗН Запорожской АЭС. На этом же рисунке нанесены вероятные наземные следы от факела выброса АЭС при неблагоприятных метеоусловиях, при которых ширина факела составляет  $10^\circ \dots 15^\circ$ . Видно, что по многим направлениям этот факел не перекрывает ни одного поста АСКРО. Это является

следствием того, что при формировании сети постов АСКРО игнорируется требование [10] об учете природных особенностей окружающей среды в районах расположения АЭС, в частности рельефа местности. Этот факт не позволяет представительно оценивать радиационное состояние ОС при разных режимах работы АЭС, объективно определять дозы облучения населения, достоверно прогнозировать (на основе моделирования) формирование возможных радиационных ситуаций, быть превентивно готовыми к принятию оптимальных решений в случае аварии.

Как показали расчеты [15, 16], наименьшее число датчиков (постов контроля), размещаемых в СЗЗ и регистрирующих факел выброса при любом направлении ветра, должно отвечать наихудшим метеоусловиям и составлять 22—25, а в ЗН (с учетом экологических характеристик территории) должно быть расположено около 100 пунктов контроля [17].

Ни одна из украинских АЭС, и восемь из десяти российских станций не удовлетворяют этому условию, хотя результаты работ по обоснованию расположения и количества пунктов (постов) АСКРО, выполненных в Украине и России [13, 15, 16, 19—21], указывают на необходимость учета вышеназванных факторов.

Получать представительные и точные результаты измерений и прогнозирования можно будет только при условии, если наряду с демографическими характеристиками контролируемой территории будут учитываться основные экологические и метеорологические факторы, формирующие радиационную обстановку в районах расположения АЭС [22].

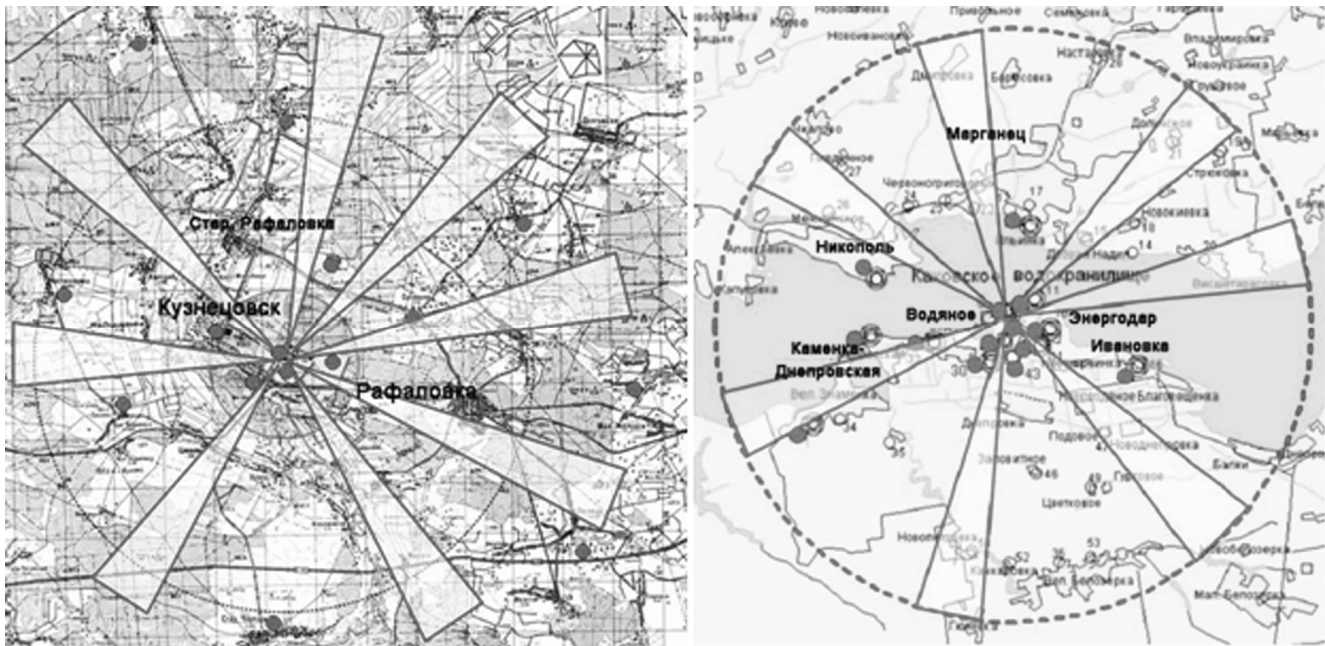
Для этого при формировании сети пунктов АСКРО ОС в основу необходимо положить экологический принцип, учитывающий и санитарно-гигиенический, и экологический подходы к радиационному контролю. Это значит, что для автоматизированного контроля радиационной обстановки

Таблица 1. Техногенный радиационный фон от выбросов радионуклидов АЭС (данные 2006—2011 гг.)

МЭД (расчет), мкР/ч	Мощность выброса, Бк/сут		
	ДЖН	ИРГ	<sup>131</sup> I
РАЭС (фактические выбросы)*			
$\approx 10^{-8}$	$2,6 \cdot 10^5 \dots 4,1 \cdot 10^5$		
$10^{-4} \dots 10^{-3}$		$1,0 \cdot 10^{11} \dots 2,0 \cdot 10^{11}$	
$\approx 10^{-8}$			$2,4 \cdot 10^5 \dots 1,2 \cdot 10^6$
РАЭС (КУ)			
$\approx 10^{-6}$	$1,7 \cdot 10^7$		
$\approx 10^{-2}$		$3,1 \cdot 10^{12}$	
$\approx 10^{-6}$			$1,3 \cdot 10^8$
РАЭС (ДВ)			
$\approx 10^{-4}$	$2,9 \cdot 10^8$		
$\approx 2$		$8,3 \cdot 10^{13}$	
$\approx 10^{-4}$			$4,2 \cdot 10^9$
ЗАЭС (фактические выбросы)**			
$10^{-8} \dots 10^{-7}$	$5,8 \cdot 10^5 \dots 8,2 \cdot 10^5$		
$10^{-3} \dots 10^{-2}$		$9,0 \cdot 10^{10} \dots 1,5 \cdot 10^{11}$	
$10^{-8} \dots 10^{-7}$			$2,4 \cdot 10^5 \dots 8,4 \cdot 10^5$
ЗАЭС (КУ)			
$\approx 10^{-6}$	$2,0 \cdot 10^7$		
$\approx 10^{-2}$		$3,0 \cdot 10^{12}$	
$\approx 10^{-5}$			$3,0 \cdot 10^8$
АЭС (ДВ)			
$\approx 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^9$		
$\approx 10$		$7,0 \cdot 10^{14}$	
$\approx 10^{-3}$			$6,0 \cdot 10^9$
МЭД и соответствующие выбросы АЭС (расчет)			
0,5	$6,0 \cdot 10^{12}$	$3,0 \cdot 10^{13}$	$6,0 \cdot 10^{12}$
1	$1,2 \cdot 10^{13}$	$6,0 \cdot 10^{13}$	$1,2 \cdot 10^{13}$
5	$6,0 \cdot 10^{13}$	$3,0 \cdot 10^{14}$	$6,0 \cdot 10^{13}$
10	$1,2 \cdot 10^{14}$	$6,0 \cdot 10^{14}$	$1,2 \cdot 10^{14}$
15	$1,8 \cdot 10^{14}$	$9,0 \cdot 10^{14}$	$1,8 \cdot 10^{14}$

\* — Средний радиационный фон в ЗН РАЭС составляет 7—15 мкР/ч

\*\* — Средний радиационный фон в ЗН ЗАЭС составляет 6—10 мкР/ч



а

б

Рис. 2. Расположение постов АСКРО в зоне наблюдения РАЭС (а) и ЗАЭС (б) и вероятные наземные следы от факела выброса АЭС

следует создать такую сеть пунктов контроля, которая учитывала бы не только самые неблагоприятные метеоусловия, но и рельеф местности, типы ландшафтов, плотность загрязнения, численность населения и другие, поддающиеся количественным оценкам характеристики местности и источника выброса, а также экономические и физико-технические критерии, определяющие расположение датчиков в ОС и их параметры [16, 22]. Такая сеть должна быть сформирована на основе мониторинга метеоданных, ландшафтно-геохимического и демографического районирования исследуемой территории [18].

Для практической реализации на АЭС предлагаемого подхода следует разработать и внедрить новое методическое руководство по контролю окружающей среды районов расположения АЭС, содержащее типовую методику формирования сети контроля, в т. ч. сети постов АСКРО ОС, и внести соответствующие изменения в типовый регламент РК АЭС [22].

Таким образом, исходя из сказанного выше, можно утверждать, что локальный уровень системы ЕГАСКРО в Украине уже существует. Он может быть сформирован на основе АСКРО ОС районов расположения АЭС. Усовершенствование АСКРО ОС АЭС в сторону повышения уровня представительности и точности измерений радиационного контроля может быть осуществлено путем внедрения экологических принципов через применение системы радиэкологического мониторинга.

Такой шаг требует пересмотра и построения новой системы методического обеспечения радиационного контроля окружающей АЭС среды, в т. ч. автоматизированного, которая устранит существующие недостатки и сделает ее адекватной современным научным взглядам и тенденциям.

**Система раннего предупреждения о радиационных авариях “Гамма”.** В 1992—1994 гг. в качестве технической помощи Украине от Комиссии Европейского Сообщества в рамках программы TACIS английской фирмой PA Consulting Group был разработан проект системы раннего предупреждения о радиационных авариях “Гамма-1”, который должен был стать частью европейской системы раннего предупреждения. Реализация проекта “Гамма-1” на конкурсной основе была поручена немецкой фирме Hochtamp. Первая очередь проекта предусматривала создание сети датчиков вокруг Ровенской и Запорожской АЭС, региональных центров в г. Ровно (сейчас г. Ривне) и в г. Запорожье, а также национального кризисного центра в г. Киеве.

В 1997 году система была создана и введена в эксплуатацию (рис. 3). Центр сбора и обработки информации был расположен в Киеве на территории Министерства охраны окружающей природной среды и ядерной безопасности Украины [23].

В конце 1999 года в Украинском научно-исследовательском институте экологических проблем (УкрНИИЭП, г. Харьков) был открыт Учебный центр (проект “Гамма-2”) для обучения операторов и менеджеров “Гамма-1”.

После ввода систем “Гамма-1” и “Гамма-2” в эксплуатацию фирма Ногтапп на протяжении двух лет поддерживала их работоспособность. В 2000 году из экологического фонда Харьковской области УкрНИИЭП было выделено финансирование на создание в Харькове регионального центра радиационного мониторинга. В марте 2001 года такой центр был создан на базе Учебного центра. В нем имелись два гамма-датчика и метеостанция, причем один из датчиков был размещен на территории Национального научного центра “Харьковский физико-технический институт” НАН Украины.

В 2003 году данные измерений, которые поступали в Национальный центр мониторинга, расположенный в Киеве, решено было направлять в г. Харьков (УкрНИИЭП). В связи с этим, в течение

2003—2004 гг. было восстановлено и модернизировано программное обеспечение и компьютерное оборудование систем “Гамма-1” и “Гамма-2” в региональных и Национальном центрах, а также восстановлена работа 14 гамма-датчиков, расположенных в районах Ровенской и Запорожской АЭС.

Тем не менее, за период с 2005 г. и до конца 2008 г. финансирование на проведение работ по техническому обслуживанию систем “Гамма-1” и “Гамма-2” не выделялось. В декабре 2008 года удалось получить средства лишь на выполнение научно-исследовательской работы, в рамках которой в 2008—2009 гг. удалось восстановить функционирование Запорожского центра мониторинга, 9 станций мониторинга в Запорожском регионе и 10 станций в Ровенском регионе. После этого финансирование было полностью прекращено.



Рис. 3. Схема первой очереди системы “Гамма-1”



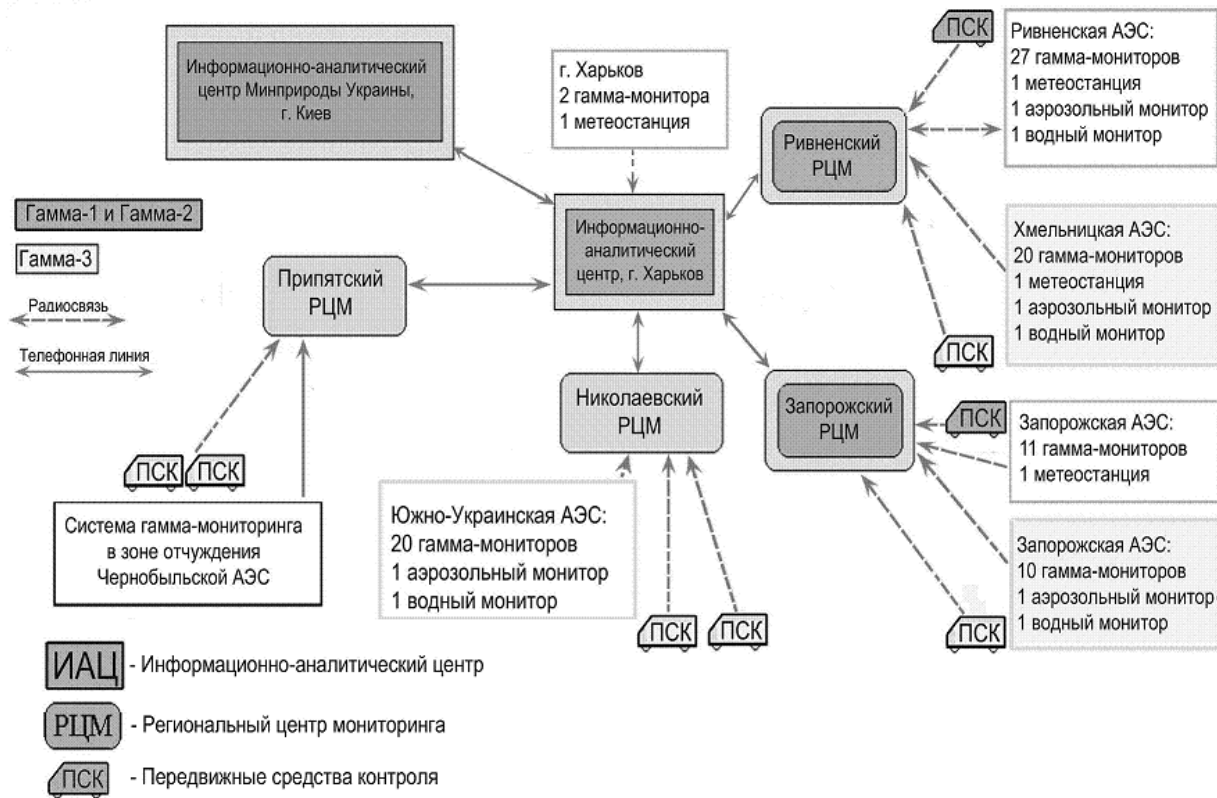


Рис. 4. Схема системы “Гамма” после расширения

К сожалению, начиная с 2009 года, система “Гамма-1” из-за отсутствия финансирования прекратила свое существование. В настоящее время в рабочем состоянии находится только система “Гамма-2” в Харьковском регионе.

После предполагаемого расширения (рис. 4), система “Гамма” должна была дополнительно охватить Хмельницкую и Южно-Украинскую АЭС, а также включить систему радиационного мониторинга зоны отчуждения Чернобыльской АЭС.

В настоящее время работы по развитию системы “Гамма” в Украине не проводятся.

Следует отметить, что созданная в Украине автоматизированная система радиационного контроля и раннего оповещения о радиационных авариях “Гамма-1” является уникальной, поскольку впервые удалось реализовать на практике ряд оригинальных идей, например, таких как использование приборов для измерения бета- и альфа-активных аэрозолей в атмосферном воздухе и гамма-активности воды (в р. Стырь, РАЭС) в режиме реального времени. Было показано, что контроль содержания бета- и альфа-активных аэрозолей — наиболее чувствительный способ регистрации изменений радиационного фона, который позволит заметить аварийную ситуацию на самой начальной стадии её развития [12]. Это обусловлено низкой активностью бета- и альфа-активных естественных радионуклидов, находящихся в воздухе в аэрозольной форме. Поэтому даже незначительное дополнительное

поступление таких аэрозолей в атмосферу будет зарегистрировано датчиками системы.

Чувствительность системы повышается еще и за счет того, что вклад бета- и альфа-активных естественных аэрозолей, обусловленный продуктами распада радона, вычитается из измеряемых суммарных величин активности.

Система “Гамма” (“Гамма-1”+“Гамма-2”) фактически охватывает все иерархические уровни ЕГАСКРО и по своей сути является первым и пока единственным шагом на пути построения в Украине единой государственной системы контроля радиационной обстановки. Однако, несмотря на то, что методическая (определение мест расположения и количества датчиков), элементная (датчики), компьютерная и математическая (для обработки данных, прогнозирования и моделирования радиационной ситуации) базы системы уже устарели и нуждаются в пересмотре и усовершенствовании с учетом современных научных и технических подходов к созданию систем радиационного контроля, в т. ч. автоматизированных, опыт её создания и эксплуатации заслуживает внимательного изучения и развития.

**Формирование сети пунктов ЕГАСКРО.** Основой ЕГАСКРО является сеть пунктов АСКРО ОС, относящаяся к разным организационно-функциональным структурным уровням системы. Такая сеть должна состоять из: постов контроля мощности дозы гамма-излучения, размещаемых

на местности; совокупности датчиков, измеряющих метеопараметры, по показаниям которых определяется состояние атмосферы; технологических датчиков АЭС или других радиационно-опасных объектов (РОО), предназначенных для определения параметров выброса радионуклидов в атмосферу. Кроме того, система должна содержать программное обеспечение нижнего и верхнего уровней, из которых первый обеспечивает обработку показаний датчиков с целью преобразования их в специальный формат (для использования в качестве исходных данных при проведении прогностических расчетов), а второй, основу которого составляют расчетные модели переноса радионуклидов в атмосфере и водной среде, а также математические методы оценки дозовых нагрузок на персонал и население, осуществляет прогноз радиоактивного загрязнения окружающей среды.

При формировании сети пунктов ЕГАСКРО также, как и в случае АСКРО АЭС, в основу необходимо положить эколого-гигиенический принцип, учитывающий и санитарно-гигиенический, и экологический подходы к радиационному контролю.

### Выводы и предложения

Таким образом, учитывая, что в Украине имеется большое количество радиационно-опасных объектов, с целью обеспечения радиационной безопасности населения и окружающей среды, крайне необходимо, наконец-то, создать единую автоматизированную систему радиационного контроля, которая позволит эффективно и достоверно оценивать радиоэкологическую обстановку на территории страны. При разработке проекта системы радиационного контроля необходимо в максимальной степени использовать опыт зарубежных стран, рекомендации Евроатома, отечественный опыт в создании и эксплуатации системы “Гамма”, систем АСКРО ОС на АЭС, а также результаты научных исследований, выполненных с учетом современных подходов к методологии создания систем радиоэкологического мониторинга.

Приведенный в статье обзор и анализ опыта организации и эксплуатации существующих в Украине автоматизированных систем радиационного контроля, позволяет предложить, как один из вариантов, следующую схему формирования автоматизированных постов радиационного контроля на территории страны:

создание из постов контроля “колец” разного диаметра вокруг РОО, расположив их с учетом экологических, метеорологических и демографических особенностей контролируемой территории; одновременное со стационарным автоматизированным радиационным контролем использование мобильных измерительных станций и метеорологических станций;

размещение автоматизированных гидрологических постов на наиболее важных водных объектах; организация связи системы регистрации данных с системой оповещения о радиационной опасности; расположение постов на границах государства.

Кроме того, основываясь на имеющемся в Украине опыте формирования и функционирования АСКРО ОС на АЭС и системы “Гамма”, нами предлагается следующая программа по организации работ по созданию единой автоматизированной системы радиационного контроля на территории Украины.

Так, на первом этапе работ предлагается:

создать Центр управления системой для обеспечения ее эксплуатации;

четко разделить функции научно-методического сопровождения работы системы и технического обеспечения и эксплуатации;

создать Информационный центр (а также портал) для сбора, хранения, обработки получаемых данных, а также предоставления их заинтересованным организациям и лицам;

поскольку Украина является государством-наблюдателем в Совете государств Балтийского моря, необходимо обеспечить возможность обмена информацией о радиационном состоянии окружающей среды с другими государствами;

переоборудовать посты радиационного контроля Укргидрометцентра в автоматизированные станции, работающие в режиме реального времени;

создать независимую от ведомственной сеть постов контроля вокруг радиационно-опасных объектов, а также на участках рек, где находятся РОО, и на трансграничных участках;

дополнить систему мобильными измерительными станциями, детекторами разных видов ионизирующего излучения, автоматизированными гидрологическими постами, метеостанциями, а также современными программными комплексами для прогнозирования, моделирования аварийных ситуаций и принятия соответствующих контрмер.

### Список использованной литературы

1. Про підвищення безпеки експлуатації атомних електростанцій України: Рішення Ради національної безпеки і оборони України від 8 квітня 2011 року.
2. Про затвердження плану заходів щодо створення єдиної автоматизованої системи контролю радіаційної обстановки на період до 2015 року: Розпорядження КМ України № 44-р від 25.01.2012 р.
3. Витько В. И. Система радиационного мониторинга на территории Украины (СИРАМО) / В. И. Витько, И. Г. Гончаров, Г. Д. Коваленко // Препринт ХФТИ

- АН УССР, ХФТИ 92-18. — Харьков, 1992. — 12 с.
4. Васильченко В. В. Структура и организация радиационного мониторинга на территории Украины / В. В. Васильченко, В. В. Витько, Г. Д. Коваленко, К. Г. Рудя // Препринт ХФТИ 96-4, ННЦ ХФТИ. — Харьков, 1996. — 31 с.
  5. Романенко А. Н. Организация контроля и прогнозирования радиационной обстановки при аварийных ситуациях на ОП “РАЭС” / А. Н. Романенко // Проблемы оперативного реагирования при локальных и региональных авариях на объектах атомной энергетики. — К. : ИПБ АЭС, 2007.
  6. Лаборатория АСКРО. [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.rnpp.rv.ua>
  7. Семененя О. Н. Информационно-измерительная система “Кольцо” — система радиоэкологического мониторинга ОП ЗАЭС. [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.dysnai.org/Reports/2000-2004/2002/9.pdf>
  8. Состояние радиационной безопасности и радиационной защиты на Запорожской атомной электростанции в 2005 году : Ежегодный отчет / ОП “Запорожская АЭС”. — Энергодар, 2006. — 109 с.
  9. Об АСКРО. [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.хаес.org.ua>
  10. ГСТУ 95.1.01.03.024-97. Автоматизированные системы контроля радиационной обстановки для атомных станций. Основные положения. — 1997. — 22 с.
  11. Звіт за договором № 13/1210/20/2 від 14.05.2004 р. “Проведення дослідно-експериментальних спостережень за радіаційним станом об’єктів ядерної енергетики та прилеглих територій. Розробка рекомендацій щодо підвищення ефективності функціонування системи Гамма-1”. Етап 1. “Проведення дослідно-експериментальних спостережень та розроблення рекомендацій щодо підвищення ефективності функціонування системи Гамма-1”. — Харьков : УкрНДІЕП, 2004. — 54 с.
  12. Витько В. И. Анализ работы системы “Гамма-1”. Екологічна безпека : Проблеми і шляхи вирішення / В. И. Витько, Г. Д. Коваленко, С. В. Барбашев // VIII Міжнародна науково-практична конференція. м.Алушта, 10—14 вересня 2012 р. Збірник наукових статей. Т.1. — Харків, 2012. — С. 111—118.
  13. Барбашев С. В. Світ атомної енергетики / С. В. Барбашев, Р. Г. Зібницький, С. О. Шимчев; за ред. д-ра техн. наук Барбашева С. В. — Одеса : Астропринт, 2012. — 144 с.
  14. Рекомендации по дозиметрическому контролю в районах расположения атомных станций : сб. правил и норм по радиационной безопасности в атомной энергетике. — М. : Минздрав СССР, 1989. — Т. 3. — С. 323—341.
  15. Положение о повышении точности прогностических оценок радиационных характеристик радиоактивного загрязнения окружающей среды и дозовых нагрузок на персонал и население : Приказ Федеральной службы РФ по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15.01.2010, № 11.
  16. Елохин А. П. Оптимизация методов и средств автоматизированных систем контроля, радиационной обстановки окружающей среды : дис. ... доктора техн. наук : 05.13.06, 05.13.05. / А. П. Елохин. — М., 2001. — 325 с.
  17. Елохин А. П. Автоматизированные системы контроля радиационной обстановки окружающей среды : Уч. пособие / А. П. Елохин. — М. : НИЯУ “МИФИ”, 2012. — 316 с.
  18. Барбашев С. В. Система комплексного радиоэкологического мониторинга районов расположения АЭС Украины : дис. ... доктора техн. наук : спец. 05.14.14 // С. В. Барбашев. — Одесса, 2009. — 394 с.
  19. Ривненская АЭС. Обоснование расположения постов контроля АСКРО РАЭС. 11/09. 12.100.ОД.1. ГП НАЭК “Энергоатом”. — Киев, 2012. — 117 с.
  20. ТЗ-ВН.702.410.34. Автоматизированная система контроля радиационной обстановки Запорожской АЭС : Техническое задание. — Харьков : Вестрон, 2010, — 125 с.
  21. Гамма-фон в районах расположения Ровенской и Запорожской АЭС / В. И. Витько, Л. И. Гончарова, В. В. Карташев и др. // Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов : XIII Международная научно-практич. конф. : сб. науч. ст. — Х. : Райдер, 2005. — Т. 1. — С. 342—347.
  22. Барбашев С. В. Пути и способы усовершенствования системы радиационного контроля АЭС / С. В. Барбашев, Б. С. Пристер // Проблемы безопасности атомных электростанций і Чернобиля. — 2010. — Вып. 14. — С. 17—23.
  23. Витько В. И. Система радиационного мониторинга “Гамма-1” : достижения и проблемы / В. И. Витько, Л. И. Гончарова, В. В. Карташев, Г. Д. Коваленко // Ядерні та радіаційні технології. — 2003. — Т. 3, № 1. — С. 59—69.
  24. Барбашев С. В. Автоматизированные системы контроля радиационной обстановки : принципы построения и методы реализации / С. В. Барбашев, Б. С. Пристер // Ядерна та радіаційна безпека. — 2013. — Вып. 1 (57). — С. 41—47.
  25. Автоматизированная система радиационного контроля как основная составляющая радиационной безопасности населения / В. И. Витько, Л. И. Гончарова, В. В. Карташев, Г. Д. Коваленко, С. А. Сегеда, С. В. Барбашев // Ядерна та радіаційна безпека. — 2013. — № 3 (59). — С. 33—37.

Получено 11.04.2015