

УДК 355/359

АНАЛИЗ ИННОВАЦИОННЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ И СРЕДСТВ ЗАСЕЧКИ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ**Д.Б. Алешин¹, Е.Ю. Сербиненко², О.А. Сиренко³, А.В. Котляр³, Л.С. Мунгалова³**¹ФГКУ «12 ЦНИИ» Министерства обороны РФ²Российский университет транспорта (МИИТ)³Университет ИТМО

Адрес для переписки: katerina_serbinenko@mail.ru; oleg87.sir@ya.ru

Информация о статье:

Поступила в редакцию 26.02.2020, принята к печати 28.03.2020

Язык статьи – русский

Ссылка для цитирования: Алешин Д.Б., Сербиненко Е.Ю., Сиренко О.А., Котляр А.В., Мунгалова Л.С. Анализ инновационных направлений развития систем и средств засечки ядерных взрывов // Экономика. Право. Инновации. 2020. № 1. С. 48–56.

Аннотация: Статья посвящена вопросу анализа основных трендов и направлений развития действующих систем и средств засечки ядерных взрывов. Авторами представлены результаты анализа данных о технологических трендах, существующих в настоящее время, факторах, влияющих на их дальнейшее развитие, а также представлены способы их модернизации. Отмечено, что существующие реалии функционирования мирового сообщества таковы, что развитие систем и средств засечки ядерных взрывов будет продолжаться, будут улучшаться их обнаруженческие характеристики и рассматриваться возможность их трансформация в системы сбора информации. Эксплуатация указанных систем и средств, доведение информации о результатах засечки до органов государственного и военного руководства является задачей, соизмеримой с функциями национальной и общегосударственной обороны. Рассмотрена успешно функционирующая в настоящее время в Соединенных Штатах Америки космическая система обнаружения ядерных взрывов – US NDS (Nuclear Detonation Detection System), обеспечивающая обнаружение, определение координат, мощности, времени ядерного взрыва глобально в атмосфере Земли и околоземном космическом пространстве и выдачу сообщений в масштабе времени, близком к реальному. Авторами отмечено, что военно-промышленный комплекс Соединенных Штатов Америки значительно активизировал работы по созданию новых и совершенствованию имеющихся наземных средств предупреждения и оповещения о применении оружия массового поражения. В настоящее время в Соединенных Штатах Америки наряду с космической системой обнаружения ядерных взрывов успешно функционируют наземные системы засечки ядерных взрывов, принятые на вооружение еще в 1998 году. Эти системы включают в себя комплексы засечки ядерных взрывов STADELEN и AWDREY, способные производить засечку ядерных взрывов мощностью от 1 кг.

Ключевые слова: ядерное оружие, ядерный взрыв, договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний, международная система мониторинга, международный центр данных

ANALYSIS OF INNOVATIVE TRENDS OF DEVELOPMENT OF SYSTEMS AND MEANS FOR DETECTING NUCLEAR EXPLOSIONS**D. Aleshin¹, E. Serbinenko², O. Sirenko³, A. Kotlyar³, L. Mungalova³**¹The Federal state institution «12 Central research Institute» of the Ministry of defense of the Russian Federation²Russian university of transport (MIIT)³ITMO University

Corresponding authors: katerina_serbinenko@mail.ru; oleg87.sir@ya.ru

Article info:

Received 26.02.2020, accepted 28.03.2020

Article in Russian

For citation: D. Aleshin, E. Serbinenko, O. Sirenko, A. Kotlyar, L. Mungalova. Analysis of innovative trends of development of systems and means for detecting nuclear explosions. *Ekonomika. Pravo. Innovacii*. 2020. No. 1. pp. 48–56.

Abstract: The article is devoted to the analysis of the main trends and directions for the further development of existing systems and means for detecting nuclear explosions. The authors present the results of the analysis of the technological trends that currently exist, the factors affecting their further development and the methods for their further modernization. It is noted that the existing realities of the functioning of the world community are such that the development of systems and means for detecting nuclear explosions will continue, their detection characteristics will improve, and their transformation into information collection systems will be possible. Operating these systems and means and communicating information about the results of notching to the state and military authorities are the task commensurate with the functions of national and national defense. Currently functioning in the United States of America The Nuclear Detonation Detection System (US NDS), that provides the detection, determination of coordinates, power and time of a nuclear explosion globally in the Earth's atmosphere and near-Earth space and sends messages in time scale, is considered. The authors noted that the military-industrial complex of the United States of America has significantly stepped up work on creating new and improving existing ground-based warning means for the use of mass destruction weapons. Currently, in the United States of America, along with the space system for detecting nuclear explosions, the ground-based systems for detecting nuclear explosions adopted in service in 1998 are successfully operating. These systems are capable of detecting nuclear explosions with a power more than 1 kt.

Keywords: nuclear weapons, nuclear explosion, comprehensive nuclear-test-ban Treaty, international monitoring system, international data center

Введение. Основное отличие систем засечки ядерных взрывов на случай ядерной войны от систем контроля ядерных испытаний в мирное время заключается в необходимости высокой оперативности получения информации о ядерном взрыве (далее – ЯВ) и высокой временной разрешающей способности. В связи с этим в современных системах засечки ЯВ используются самостоятельно или в комплексе с другими радиотехническими (регистрация электромагнитного импульса ЯВ), светотехническими (регистрация оптического сигнала ЯВ) методами и методом регистрации ионизирующих излучений ЯВ.

Цель исследования. Проведение углубленного анализа передовых разработок лидирующих стран в области использования систем засечки ядерных взрывов, рассмотрение мировых тенденций в данном инновационном сегменте развития науки техники, а также обзор способов дальнейшей модернизации функционирующих систем.

Методы исследования. Анализ открытых источников литературы, а также публикаций мировых журналов в данной области на примере американских систем и средства засечки ядерных взрывов.

Современные системы и средства засечки ЯВ.

Современные американские системы и

средства засечки ЯВ предназначены для решения следующих основных задач:

- установление факта применения противником ядерного оружия;
- определение параметров ядерных взрывов с целью выявления масштабов и оценки последствий применения ядерного оружия;
- контроль результатов своих ядерных ударов по противнику.

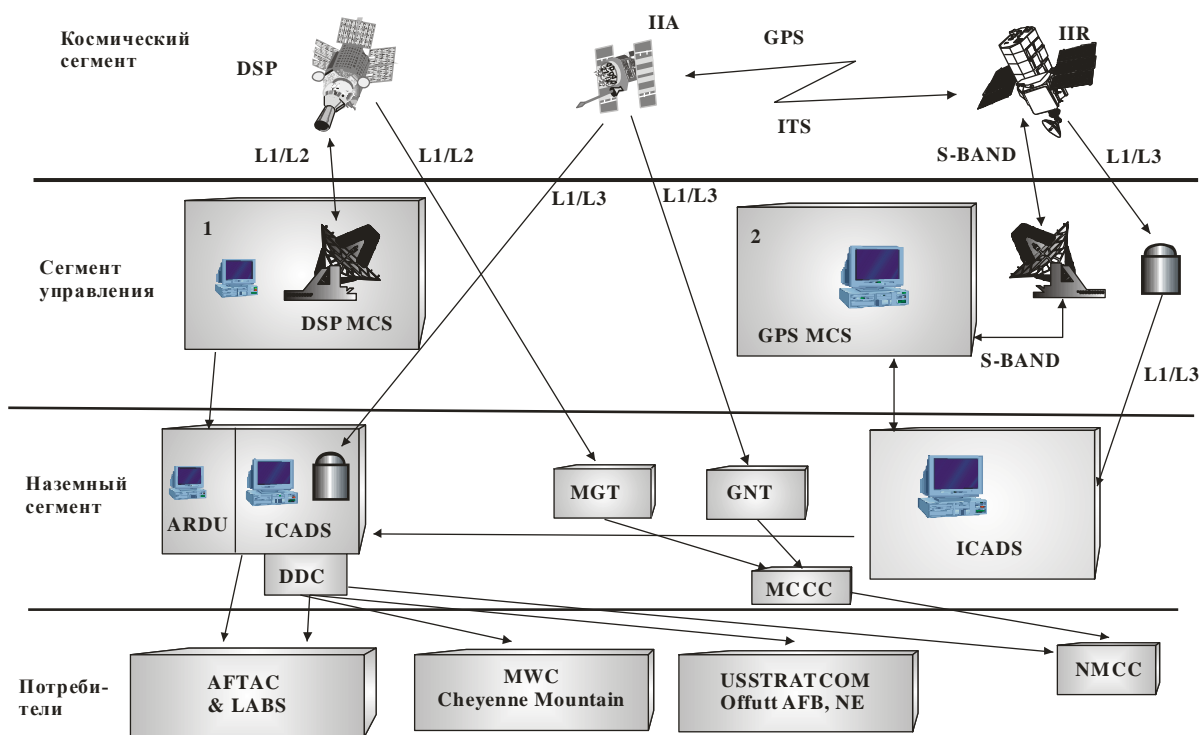
При этом предусматривается три уровня засечки ЯВ:

- засечка на территории страны;
- засечка в театре военных действий (вне территории США);
- глобальная засечка (весь земной шар и околоземное космическое пространство).

Перечисленные задачи ранее решались с помощью стационарных и мобильных систем наземного базирования, а с началом освоения космического пространства были созданы системы космического базирования.

Эксплуатация этих систем и средств, доведение информации о результатах засечки до органов государственного и военного руководства возложено на специальные подразделения министерства обороны США.

С началом XXI века основное внимание в США сосредоточено на развитии систем ОЗЯВ космического базирования, а системы засечки ЯВ наземного базирования исполняют роль резервных средств.



ITS – канал межспутниковой связи,
 L1, L2, L3, S-BAND – каналы передачи информации,
 1 – CGS – континентальная наземная станция на базе Бакли, штат Колорадо,
 2 – CSOC – объединенный центр космических операций на базе Шривер, штат Колорадо,
 MCS – главная станция управления,
 ARDU – устройство приема и обработки данных от аппаратуры ОЯВ КА DSP,
 ICADS – объединенная система сопоставления и отображения данных от ARDU и аппаратуры ОЯВ КА GPS,
 MGT – мобильный наземный терминал,
 GNT – наземный NDS терминал,
 DDC – центр распределения данных,
 MCCC – объединенный мобильный грунтовой командный пункт стратегического и космического командований,
 AFTAC&LABS – центр технических применений ВВС США и национальные лаборатории Сандия,
 MWCCheyenneMountain – центр предупреждения о ракетном нападении комплекса в горе Шайен,
 USSTRATCOM – стратегическое командование США, база Оффут, штат Небраска,
 NMCC – национальный военный центр управления.

Рисунок 1. Структура системы обнаружения ЯВ NDS

Системы и средства космического базирования. В настоящее время в США функционирует космическая система обнаружения ядерных взрывов (ОЯВ) – US NDS (Nuclear Detonation Detection System). Система NDS обеспечивает обнаружение, определение координат, мощности и времени ЯВ глобально в атмосфере Земли и околоземном космическом пространстве и выдачу сообщений в масштабе времени, близком к реальному [1, С. 25].

Структура системы обнаружения ЯВ NDS приведена на Рисунке 1.

Система USNDS создана для информационного обеспечения задач тактического предупреждения и оценки нападения (Integrated Tactical Warning and Attack Assessment, ITW/AA), управления ядерными силами (Nuclear Force Management, NFM) и мониторинга международных соглашений о запрещении испытаний ядерного оружия (Treaty Monitoring, TM). В последнее время к указанным задачам системы добавлена задача контроля космического пространства (Space Control, SC) и специальная задача, суть которой выявить не удалось. Основные потребители

информации о ЯВ – военно-политическое руководство США (NSA), стратегическое командование США (USSTRATCOM, управление ядерными силами), космическое командование ВВС США (AFSPC, тактическое предупреждение и оценка нападения) и Центр технических применений ВВС США (AFTAC, текущий контроль договоров). Потребителями информации о ЯВ являются также командующие на ТВД, другие объединенные и специальные командования ВС США.

Система состоит из космического и наземного сегментов [6, 7].

Космический сегмент системы NDS включает специальную бортовую аппаратуру ОЯВ, размещенную на КА навигационной системы GPS и на КА системы раннего предупреждения о пусках баллистических ракет DSP (Defense Support Program) и в перспективе на геостационарных (GEO) КА системы SBIRS (Space Based InfraRed System) [6, 8].

Наземный сегмент включает средства управления (станции управления DSP и GPS) и средства обработки. В некоторых работах средства управления рассматриваются, как самостоятельный сегмент управления. Управление и эксплуатация системы, включая космический и наземный сегменты, осуществляется Космическим командованием США.

Наземная обработка данных осуществляется на станции управления (DSPMCS), расположенной на авиабазе Бакли (Buckley), штат Колорадо. Управление спутниками GPS осуществляется с пункта управления (SOC), расположенного на авиабазе Шривер (Schriever), штат Колорадо. Пункт управления SOC с поддержкой AFTAC отвечает за оптимизацию функционирования космического сегмента. В период военных действий с применением ядерного оружия основная роль в обеспечении информацией о ЯВ отводится подсистеме NDS/ GPS [9].

Информация о ЯВ, зарегистрированная бортовой аппаратурой, передается на стационарную наземную аппаратуру приема и обработки, состоящую из устройства приема и обработки данных от аппаратуры ОЯВ КА DSP

(Advanced Radec Data Unit, ARDU) и объединенной системы сопоставления и отображения данных от аппаратуры ОЯВ КА GPS (Integrated Correlation and Display System, ICADS).

Состав группировки КНС GPS на 06.03.18 г. насчитывает 49 КА, в том числе: КА Block IIА-3 (первый запуск – начало 90-х), КА Block IIR-12 (конец 90-х), КА Block IIRM-8 (середина 2000-х), КА Block IIF-8 (с 2010 г.). Программа создания и развития системы USNDS осуществляется и финансируется совместно министерством обороны США, через Военно-Воздушные силы США и министерством энергетики, через Управление по ядерной безопасности (NNSA) и его подразделение по обнаружению ядерных взрывов (NA-22). К настоящему времени в основном закончилась десятилетняя модернизация системы NDS, направленная на реализацию требований по регистрации маломощного оружия начального уровня разработки (low-performance entry-level weapons).

Концепция модернизации системы NDS отражена в «Перспективном плане развития системы мониторинга ЯВ», в программе «Мониторинг ядерных договоров и соглашений» [8, 9].

Основные результаты и направления модернизации бортовой аппаратуры представлены ниже (Таблицы 1, 2).

Проект ALEXIS (Array of Low-Energy X-ray Imaging Sensors) предполагал экспериментальную проверку с использованием микро-спутника ALEXIS разработанных в Лос-Аламосской лаборатории технологий регистрации сверхмягкого рентгеновского излучения космоса и фонового радиоизлучения Земли в ОБЧ (VHF) диапазоне естественного и искусственного происхождения. Спутник выведен на орбиту высотой 800 км в 1993 г. Специальная бортовая аппаратура спутника включает систему из шести компактных рентгеновских телескопов и широкополосный приемник радиоизлучения ОБЧ (VHF) диапазона, получивший название Блэкберд (Blackbeard). Прибор Блэкберд является первым шагом на пути создания датчика ЭМИ нового поколения для КА GPS Block IIF [9, 11].

Таблица 1

Основные результаты модернизации бортовой аппаратуры

Изменения	Технические решения
Интеграция новых возможностей	
Обеспечение значительного увеличения потока данных от новых датчиков оптического и электромагнитного импульса (ЭМИ) в существующей архитектуре системы	Повышение емкости линии связи путем увеличения числа наземных приемных пунктов, либо объема памяти и ширины полосы канала «КА- Земля» Совершенствование бортовых алгоритмов регистрации и обработки Совершенствование алгоритмов наземной обработки Улучшение методов обработки и идентификации неядерных событий
Повышение эффективности идентификации событий	
Увеличение абсолютной чувствительности датчиков для обнаружения и местоопределения атмосферных ядерных взрывов	Технология фокальной плоскости с активным пикселем (тысячи индивидуальных оптических чувствительных элементов вместо единственного оптического чувствительного элемента) Новые технологии чувствительного элемента на базе современных (перспективных) технологий интегральных схем
Комплексная регистрация для повышения достоверности обнаружения и улучшения существующих возможностей идентификации ядерного взрыва	Автономные ЭМИ датчики и соответствующие методы распознавания сигналов ядерных взрывов от сигналов естественных явлений Нейтронные и гамма детекторы на новых спутниковых платформах
Системы мониторинга следующего поколения	
Снижение порогов обнаружения для спутниковых систем при поддержании низкого уровня ложных тревог	Оптические датчики на базе матриц Широкополосные радиосистемы Усовершенствованные алгоритмы регистрации и обработки в режиме реального времени
Снижение размера, веса и потребляемой мощности бортовой аппаратуры	Усовершенствованная электроника, включая технологию Z-плоскости и программируемые в условиях эксплуатации матрицы Многофункциональные чувствительные элементы Усовершенствованные технологии компоновки аппаратуры

Таблица 2

Направления работ по модернизации системы NDS

N, пп	Направление работ	Ожидаемый результат	Лос Ала-мосская лаб.	Лаб. Сандия
1	2	3	4	5
1	Развитие технологий космического мониторинга атмосферных взрывов	Задача 1. Развитие технологий мониторинга атмосферных взрывов, аппаратное обеспечение спутников системы GPS		
1.1	Разработка изображающего оптического радиометра	Модернизированный регистратор оптического излучения BDYE		×

1	2	3	4	5
1.2	Разработка и летные испытания модернизированного регистратора ЭМИ	Аппаратурное обеспечение эксперимента FORTE	×	
1.3	Разработка и летные испытания системы локации источников оптического излучения	Аппаратурное обеспечение эксперимента FORTE		×
1.4	Разработка аппаратуры высокоскоростной передачи данных оптического и ЭМИ датчиков системы GPS	Бортовая аппаратура NDS augmentation payload (NAP)		×
1.5	Совершенствование существующих моделей расчета полей оптического и ЭМИ излучений	Модели расчета полей оптического и ЭМИ излучений атмосферных и заглубленных взрывов	×	
1.6	Обеспечение функционирования системы GPS/NDS			
	Обеспечение датчиков первичной радиации	Обеспечение функционирования GBD	×	
	Обеспечение датчиков оптического излучения и аппаратуры обработки	Обеспечение функционирования GBD		×
2	Развитие технологий космического мониторинга высотных и космических взрывов	Задача 2. Развитие технологий мониторинга высотных и космических взрывов, аппаратурное обеспечение спутников системы DSP		
2.1	Разработка комбинированного блока регистрации рентгеновского излучения и дозиметрии	Аппаратура CXD, объединяющая функции блоков BDХ и BDD, с расширенными возможностями	×	
2.2	Разработка нового блока регистрации первичного излучения (гамма, нейтроны)	Аппаратура предупреждения о космическом и атмосферном взрыве, SABRS	×	
2.3	Обеспечение функционирования системы DSP/NDS			
	Обеспечение существующих датчиков первичной радиации	Обеспечение функционирования RADEC	×	
	Обеспечение существующих датчиков оптического излучения	Обеспечение функционирования RADEC		×
3	Разработка и модернизация наземной аппаратуры потребителей			
3.1	Модернизация стационарной системы обработки и отображения	Стационарная система сопоставления и отображения данных, адаптированная к аппаратуре обнаружения КА Block-IF системы GPS/NDS (ICADS)		×
3.2	Модернизация наземной бортовой аппаратуры обработки и отображения	Бортовая аппаратуры обработки и отображения (GNT)		×

Основные результаты модификации:

– разработка и экспериментальная проверка принципов построения перспективного регистратора ЭМИ;

– отработка регистраций молниевых разрядов синхронно с наземной системой регистрации;

– регистрация так называемых «трансионосферных импульсных пар», похожих на сигнал ЭМИ ЯВ: пара узких (в среднем 4 мкс), разнесенных (в среднем на 50 мкс) мощных сигналов, значительно превышающих по амплитуде типовые сигналы от молниевых разрядов [3, С. 14].

Следующим этапом отработки перспективной аппаратуры обнаружения ЯВ с КА GPS является проведение эксперимента **FORTE** (Fast On-orbit Recording of Transient Events). Спутник FORTE выведен на орбиту 825 км в августе 1997 г. Основной задачей эксперимента является изучение импульсных фоновых излучений от приземных источников (главным образом молниевых разрядов) в оптическом (0,4 – 1,1 мкм) и радиодиапазоне ОВЧ (30 – 300 МГц) с целью разработки методов идентификации источников излучения [7, 8, 9].

Аппаратура КА FORTE включает оптическую и радиосистемы. Оптическая аппаратура разработана лабораторией Сандия и состоит из быстродействующего фотодиодного детектора в видимом и ближнем ИК диапазонах длин волн и подсистемы локации молниевых разрядов на основе CCD матрицы. Радиоприемная аппаратура разработана в Лос-Аламосской лаборатории и состоит из многополосной схемы совпадения, широкополосного радиоприемника, работающего в одной из трех позиций в диапазоне ОВЧ и двух среднеполосных радиоприемников, работающих одновременно в заданных участках диапазона ОВЧ.

Основные результаты эксперимента состоят в получении уникальных данных о корреляции между оптическим и радиоизлучениями молниевых разрядов, о статистике параметров сигналов и их классификации, о распространении радиосигналов в ионосфере, в проверке принципов построения аппаратуры и методов обработки сигналов.

Прикладное значение эксперимента FORTE состоит в реализации новой

аппаратуры обнаружения ЭМИ – блока BDV КА GPSIIIF [6, 7].

Задачей эксперимента **CFE** (Cibola Flight Experiment) является орбитальная отработка восьми новых технологий, разработанных в Лос-Аламосской лаборатории, в том числе разработка перспективного бортового суперкомпьютера на основе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) типа FPGA (Field Programmable Gate Arrays) и дальнейшее развитие методологии регистрации ЭМИ. Микроспутник CFE выведен на круговую околоземную орбиту (высота 560 км) 8 марта 2007 г. Ожидается, что результаты этой работы будут использованы в перспективной аппаратуре GBD для создания бортового компьютера, обеспечивающего максимальную обработку информации на борту КА [8, 10].

Системы и средства засечки ядерных взрывов наземного базирования.

С 2000 года военно-промышленный комплекс США значительно активизировал работы по созданию новых и совершенствованию имеющихся средств по «предупреждению и оповещения о применении оружия массового поражения». В 2002 году принята в эксплуатацию комплексная система раннего предупреждения о применении ядерного, химического и биологического оружия JBREWS [10, 11].

В настоящее время в США наряду с космической системой ОЗЯВ функционирует наземная система засечки ядерных взрывов, принятая на вооружение еще в 1998 году. Эта система включает в себя комплексы засечки ядерных взрывов STADELEN и AWDREY, способные производить засечку ядерных взрывов мощностью от 1 кт. Эти средства автоматически включаются в работу в угрожаемый период [6, 7].

Автономный комплекс засечки ЯВ в столичном регионе г. Вашингтон AN/TSS-3 и континентальная система регистрации молниевых разрядов, которая позволяет проводить регистрацию ЭМИ ЯВ, были модернизированы.

В настоящее время практически на всех объектах военного и государственного назначения, которые в военное время могут быть выбраны противником в качестве цели для ядерного удара, устанавливаются датчики,

сигнализирующие о состоянии этих объектов [2, С. 16].

В вооружённых силах США функционирует система типа NBDS-GEO, предназначенная для обеспечения командования корпуса (дивизии) информацией о ЯВ, наносимых противником в пределах полосы действия корпуса (дивизии).

В тактическом звене (дивизия – батальон) широко используются СДН (системы дистанционного наблюдения), которые могут выполнять функции засечки ЯВ. В состав СДН может входить до нескольких сот разведывательно-сигнализационные приборы (РСП). РСП по проводным и радиоканалам передают данные контроля в СДН, где проводится их обработка.

В РСП используются сейсмический, инфразвуковой, инфракрасный, радиолокационный и другие принципы обнаружения объектов и событий (людей, наземной техники, вертолётов, выстрелов, взрывов и др.). Имеются РСП и с функцией обнаружения ядерных взрывов и уровня радиации.

Оконечное устройство СДН или одиночного РСП размещается на пунктах управления.

Полученные результаты. Используя имеющуюся информацию, установлено, что РСП и СДН нашли широкое распространение во многих иностранных армиях (НАТО, Израиль, Южная Корея и др.). Например, в бригадах США РСП объединены в систему BASS (Battlefield Sensor System), прием и отображение информации осуществляются в центре обработки данных AN/USG-66 (до 240 РСП одновременно), в бригаде может быть несколько таких центров, в зависимости от вида боевых действий (наступление, оборона, миссия миротворческой операция и др.)

Разрабатывались системы и средства засечки также Англии, Франции и ФРГ, но после окончания в 1992 г. «холодной войны» эти страны с целью экономии средств сократили ряд работ в данном направлении. Определённую роль сыграло и то, что в НАТО имеется договорённость о ядерном обмене, в соответствии с которой США отводится основная роль в обеспечении участников альянса данными о результатах засечки ядерных взрывов.

В настоящее время разработаны и развернуты средства засечки ЯВ в Китае. После проведенного КНДР в 2006 году первого испытательного ядерного взрыва Китай развернул в северо-восточной части страны на границе с Северной Кореей отряды радиационного контроля, аналогичные подразделениям засечки ядерных взрывов и радиационной разведки войск РХБЗ России.

Через три года к моменту второго корейского ядерного взрыва в 2009 г. в Китае во всех административных центрах страны функционировали в непрерывном режиме 150 станций контроля над радиационной обстановкой, данные о которой в режиме реального времени размещались на вебсайте Министерства охраны окружающей среды.

К 2012 г. на северо-востоке Китая были установлены ещё 25 автоматических станций обнаружения ядерных взрывов.

Учитывая состояние научно-технического потенциала Китая, можно предположить, что состояние средств и систем ОЗЯВ в этой стране находится на уровне аналогичной техники США конца XX века.

Выводы. Из всего вышесказанного представляется сделать вывод, что вопросу развития систем и средств засечки ядерных взрывов в настоящее время во всех передовых странах уделяется огромное внимание, выделяются значительные финансовые средства, в данной области заняты высококвалифицированные специалисты государственных корпораций и оборонно-промышленного комплекса.

Основные направления развития систем и средств засечки ядерных взрывов являются максимально инновационными и технически передовыми. Особую роль при этом уделяют передовым методам получения и сбора информации, возможности продолжения исследований по смежным направлениям и применения в различных областях деятельности государства с особым упором на инновационные методы обеспечения национальной безопасности государства.

Военно-промышленные комплексы передовых стран максимально активизировали работы по созданию новых и совершенствованию и модернизации уже имеющихся средств по предупреждению и оповещению применения оружия массового поражения.

Список литературы:

1. Алексеев П.Н., Хабаров Е.К., Мурманов Л.С. Космическая аппаратура систем предупреждения о РЯУ ведущих зарубежных стран // Зарубежное военное обозрение. 2015. № 1. С. 4–45.
2. Арбатов А.А. Ядерное оружие после «холодной войны». – Издательство «РОССПЭН», 2006. – С. 18–98.
3. Бирюков Н.С., Васильев А.П. Во имя будущего. Служба специального контроля. История создания и развития. – М.: ССК, 2014. – Т. 1. С. 14; Т. 2. С. 59.
4. Горынов В.К. Перспективные американские технологии контроля за ядерной деятельностью на научно-исследовательских и промышленных объектах // Зарубежное военное обозрение. 2014. № 12. С. 43–44.
5. Лазарев И.Г., Горшков В.В. Основные проблемы организации радиационной, химической и биологической защиты войск. // Наука и военная безопасность. 2003. № 2. С. 28–30.
6. Chapter 4: Monitoring Nuclear Treaties and Agreements: DOE National Security R&D Portfolio. FY 1999–2001. February, 2000. (in Eng)
7. Nuclear Explosion Monitoring Research and Engineering Program. Strategic Plan. National Nuclear Security Administration. 2004. (in Eng)
8. Comprehensive Test Ban Treaty, Research and Development, FY95-96 Program Plan, Space-Based Monitoring Research. US Department of Energy, pp. A28–A32. (in Eng)
9. R. Williams. Program and R&D Overview, Defense Nuclear Nonproliferation, Nonproliferation Research and Development (NA-22). 2009. (in Eng)
10. Nonproliferation programs and arms control technology. Sandia National Laboratories. SANDIA LAB NEWS. Vol. 55, Special Issue. 2003. pp. 5–6. Available at: www.sandia.gov (in Eng)
11. Annual Report 2004–2005, Sandia National Laboratories. pp. 44–46. Available at: www.sandia.gov (in Eng)
12. Annual Report 2007, Sandia National Laboratories. Available at: www.sandia.gov (in Eng)

References:

1. P. Alekseev, E. Khabarov, L. Murmanov. Space equipment for warning systems of RSA of leading foreign countries. *Zarubezhnoye voennoe obozrenie*. 2015. No. 1. pp. 4–45. (in Rus)
2. A. Arbatov. Nuclear weapons after the cold war. «*ROSSPEN*». 2006. pp. 18–98. (in Rus)
3. N. Biryukov, A. Vasilyev. For the future. Special control service. History of creation and development. *M.: SSK*. 2014. vol. 1. p.14; vol. 2. p.59. (in Rus)
4. V. Gorynov. Promising US technology for nuclear control at research and industrial facilities. *Zarubezhnoye voennoe obozrenie*. 2014. No. 12. pp. 43–44. (in Rus)
5. I. Lasarev, V. Gorshkov. The main problems of organizing radiation, chemical and biological defense of troops. *Nauka i voyennaya bezopasnost'*. 2003. No. 2. pp. 28–30. (in Rus)
6. Chapter 4: Monitoring Nuclear Treaties and Agreements: DOE National Security R&D Portfolio. FY 1999–2001. February, 2000.
7. Nuclear Explosion Monitoring Research and Engineering Program. Strategic Plan. National Nuclear Security Administration. 2004.
8. Comprehensive Test Ban Treaty, Research and Development, FY95-96 Program Plan, Space-Based Monitoring Research. US Department of Energy, pp. A28–A32.
9. R. Williams. Program and R&D Overview, Defense Nuclear Nonproliferation, Nonproliferation Research and Development (NA-22). 2009.
10. Nonproliferation programs and arms control technology. Sandia National Laboratories. SANDIA LAB NEWS. Vol. 55, Special Issue. 2003. pp. 5–6. Available at: www.sandia.gov
11. Annual Report 2004–2005, Sandia National Laboratories. pp. 44–46. Available at: www.sandia.gov
12. Annual Report 2007, Sandia National Laboratories. Available at: www.sandia.gov