

Основные направления развития средств радиационной, химической и биологической разведки зарубежных стран

Н.Б. Лопатина, Д.В. Фролов

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«33 Центральный научно-исследовательский испытательный институт»
Министерства обороны Российской Федерации, 412918,
Российская Федерация, Саратовская обл., г. Вольск-18, ул. Краснознаменная, д. 1

Поступила 03.11.2020 г. Принята к публикации 21.12.2020 г.

Лекция предназначена для повышения квалификации и уровня знаний курсантов и выпускников военных учебных заведений в области зарубежных средств радиационной, химической и биологической разведки. В лекции рассмотрены три учебных вопроса: 1) основные направления развития средств радиационной разведки зарубежных стран; 2) основные направления развития средств химической разведки зарубежных стран; 3) основные направления развития средств биологической разведки зарубежных стран. Показано, что исследования и разработки в области развития средств радиационной, химической и биологической разведки направлены на широкую унификацию и миниатюризацию приборов. Продолжаются исследования по созданию новых и модернизации существующих средств обнаружения и идентификации РВ, ОВ и БПА.

Ключевые слова: биодетектор; газосигнализатор; дистанционный детектор; дозиметр; идентификатор радиоизотопов; оружие массового поражения; портативный спектрометр; пробоотборник; радиационная, химическая и биологическая разведка.

Библиографическое описание: Лопатина Н.Б., Фролов Д.В. Основные направления развития средств радиационной, химической и биологической разведки зарубежных стран // Вестник войск РХБ защиты. 2020. № 4. С. 470–483. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2020-4-4-470-483>

Изменения, произошедшие за последние годы в международной политической жизни, не привели к укреплению стабильности в мире. Вооруженные конфликты последних десятилетий послужили школой и испытательным полигоном для специалистов в области разработки как вооружения, так и средств защиты. По мнению отечественных и зарубежных экспертов, в наше время сохраняется угроза возможного применения оружия массового поражения (ОМП) в военных целях. Также появляются новые глобальные угрозы радиационного, химического и биологического характера, связанные не только с возможностью возникновения аварий и катастроф техногенного и природного происхождения, но и с террористическими актами. Поэтому в основополагающих документах военного и внешнеполитического планирования Российской Федерации и зарубежных стран распространение и применение ОМП рассматривается

в качестве реальной угрозы национальной безопасности.

В ходе решения комплекса проблем, связанных с обеспечением защиты от оружия массового поражения, в зарубежных странах продолжают интенсивные работы по созданию средств, позволяющих предотвратить или уменьшить последствия его применения.

1. Основные направления развития средств радиационной разведки зарубежных стран

Для обеспечения защиты от ОМП и террористических актов с применением радиоактивных веществ (РВ), в зарубежных странах продолжают исследования по дальнейшему совершенствованию табельных и разработке новых технических средств радиационной разведки (РР).

Особенностью современного этапа развития средств РР является широкое распростра-

нение индивидуальных дозиметров. Разработка таких приборов обусловлена необходимостью оснащения военнослужащих средствами контроля радиоактивного облучения для принятия мер непосредственной защиты, что позволяет вести боевые действия в условиях радиоактивного загрязнения, не поддающегося детальному прогнозу на основе общей схемы радиационной обстановки.

Одними из последних разработок являются индивидуальный дозиметр MBD-2 и индивидуальный электронный дозиметр DMC 3000, созданные международной компанией Mirion Technologies¹ (рисунок 1).

Индивидуальный дозиметр MBD-2 был разработан в рамках программы создания общевойскового персонального дозиметра. Новый прибор дозиметрического контроля, как планируется, в будущем заменит устаревшие системы IM-270 и прибор для измерения радиоактивности AN/PDR-75, используемый совместно с дозиметром DT-236 в подразделениях сухопутных войск. В 2019 году было закуплено 14687 дозиметров, а до конца 2020 планируется закупить 10192 дозиметра [1].

Индивидуальный электронный дозиметр DMC 3000 предназначен для измерения дозы гамма- и рентгеновского излучения. Имеются дополнительные съемные модули для измерения доз бета- и нейтронного излучения, а также дистанционного измерения. Основные характеристики зарубежных дозиметров представлены в таблице 1.

Анализ современной системы радиационной разведки вооруженных сил ведущих зарубежных стран показывает, что, в основном, она построена на использовании унифицированных приборов. По мнению зарубежных специалистов, такие приборы имеют бесспорные эксплуатационные достоинства перед специализированными приборами и обеспечивают экономические и производственные преиму-



Рисунок 1 – Зарубежные дозиметры.

А – MBD-2 (США); Б – DMC 3000 (США). Фото с сайта: <http://www.mirion.com/products/> (дата обращения: 06.08.2020)

щества при снабжении войск подобными средствами.

Примером может служить унифицированный прибор радиационной разведки SaphyRAD MS, выпущенный французской компанией Bertin Instruments. Прибор был разработан для выполнения задач в неблагоприятных климатических условиях. SaphyRAD MS обнаруживает источники радиоактивного излучения в режиме реального времени и измеряет уровень загрязнения на всех поверхностях².

Долгое время на снабжении вооруженных сил США стояли приборы радиационной разведки AN/PDR-77, предназначенные для измерения параметров альфа-, бета-, гамма- и рентгеновского излучений и измерения индивидуальной дозы гамма- и нейтронного облучения. В настоящее время в рамках программы по разработке системы радиационной разведки RDS создается средство измерения параметров альфа-, бета-, гамма-, нейтронного и мягкого рентгеновского излучения. Предполагается, что новая система уже в 2020 году заменит стоящий на снабжении прибор AN/PDR-77, многофункциональный прибор радиационной разведки

Таблица 1 – Основные характеристики зарубежных дозиметров

Характеристика	Значение	
	MBD-2 (США)	DMC 3000 (США)
Диапазон измерения дозы, Зв	10 ⁻⁶ ...10	10 ⁻⁸ ...100
Диапазон регистрируемых энергий гамма-излучения, кэВ	65...1300	15...1500
Габаритные размеры, мм	53 × 56 × 23	87 × 60 × 21
Масса, г	57	88
Диапазон рабочих температур, °С	-32...43	-10...50

¹ Mirion Technologies. Products. URL: <http://www.mirion.com/products/> (дата обращения: 06.08.2020).

² Bertin Instruments. Products. URL: <http://www.Bertin-Instruments.com>. (дата обращения: 27.08.2020).



Рисунок 2 – Зарубежные портативные спектрометры ионизирующих излучений.

А – identiFINDER R200 (США) – фото с сайта: <http://www.flir.com/> (дата обращения: 24.09.2020);
Б – RadEye SPRD-ER (США) – фото с сайта <https://www.thermoscientific.com> (дата обращения: 13.08.2020);
В – AccuRad (США) – фото с сайта <http://www.mirion.com/products/> (дата обращения: 06.08.2020)

и контроля MFR и измеритель мощности дозы ADM-300 [1].

Особое внимание уделяется разработке портативных спектрометров ионизирующих излучений, представляющих собой многофункциональные приборы, предназначенные для быстрого обнаружения радиоактивных материалов и источников с функцией идентификации радионуклидов различного происхождения: природных, промышленных и медицинских. Детекторы чувствительны к гамма- и нейтронному излучению, а размеры и масса приборов позволяют пользоваться ими одной рукой. Среди последних разработок identiFINDER R200 (FLIR Systems, США)³, RadEye SPRD-ER (Thermo Fisher Scientific, США)⁴, а также AccuRad (Mirion Technologies, США)⁵ (рисунок 2).

Основные характеристики зарубежных портативных спектрометров ионизирующих излучений представлены в таблице 2.

В последнее время в ведущих зарубежных странах широкое распространение получили портативные идентификаторы радиоизотопов, которые, наряду с анализом энергетического спектра излучения, могут идентифицировать конкретные радиоактивные материалы (рисунок 3) [2].

Не во всех идентификаторах радиоизотопов используются одинаковые технологии для обнаружения и классификации излучений. Более того, методы, разработанные в последнее время, сделали рынок этих приборов полностью конкурентоспособным. В идентификаторах изотопов фирм Thermo Fisher Scientific и Smiths Detection используются детекторы 1,5 × 1,5 дюйма на основе бромида лантана (LaBr3) и 2 × 2 дюйма на основе иодида натрия (NaI). Для обнаружения нейтронного излучения в системе RIIDEye фирмы Thermo Fisher Scientific применяются детекторы на основе

Таблица 2 – Основные характеристики зарубежных портативных спектрометров ионизирующих излучений

Характеристика	Значение		
	identiFINDER R200 (США)	DMC 3000 (США)	AccuRad (США)
Диапазон регистрируемых энергий гамма-излучения, кэВ	25...3000	58...6000	25...3000
Диапазон регистрируемых энергий гамма-излучения, эВ	0,1...250	0,01...250	0,1...250
Габаритные размеры, мм	145 × 56 × 48	104 × 66 × 41	108 × 61 × 36
Масса, г	400	195	200
Диапазон рабочих температур, °С	-30...50	-20...50	-20...60

³ FLIR Systems. Products. URL: <http://www.flir.com/> (дата обращения: 24.09.2020).

⁴ Thermo Scientific. Products. URL: <https://www.thermoscientific.com> (дата обращения: 13.08.2020).

⁵ Mirion Technologies. Products. URL: <http://www.mirion.com/products/> (дата обращения: 06.08.2020).



А

Б

В

Рисунок 3 – Зарубежные идентификаторы радиоизотопов.

А – RadSeeker CL (США) – фото с сайта: URL: www.smithsdetection.com/ (дата обращения: 18.06.2020);

Б – Ranid Pro 200 с устройством RanidSOLO (Финляндия) – фото с сайта <http://www.environmentics.fi/products/> (дата обращения: 10.09.2020);

В – identiFINDER R425 (США) – фото с сайта <http://www.flir.com/> (дата обращения: 24.09.2020)

материалов CLYC ($\text{Cs}_2\text{LiYCl}_6\text{:Ce}$), которые обладают гораздо большей чувствительностью по сравнению с детекторами на основе гелия.

Фирмы Morpho Detection (США) и FLIR Systems предпочитают использовать в своих приборах детекторы на основе CZT (Cadmium Zinc Telluride – кадмий-цинк-теллурид), который обнаруживает гамма излучение непосредственно путем преобразования гамма лучей в электрический сигнал. Высокая разрешающая способность приборов с кристаллом на основе CZT позволяет с высокой степенью точности идентифицировать изотопы и свести к минимуму ложные срабатывания [1].

Финская фирма Environics Oy выпускает переносной идентификатор радионуклидов RanidPro200, который обнаруживает источники гамма-излучения и определяет их радионуклидный состав. Кроме того, RanidPro200 имеет поисковый режим для обнаружения и локализации радиоактивных материалов путем регистрации гамма-излучений. Для измерения гамма-излучения в приборе используется сцинтилляционный детектор с кристаллом LaBr, а для измерения нейтронного излучения – пластиковый сцинтиллятор на основе ^6Li . Для данного прибора компания Environics разработала и выпустила устройство обнаружения источников радиоактивного излучения RanidSOLO, являющееся первым автоматическим определителем источников гамма-излучения для ранцевых детекторов⁶.

В настоящий момент в рамках программы по модернизации идентификаторов радиоизотопов производится замена детекторов ионизирующих излучений в серии стоящих на

снабжении приборов на вновь разработанные с улучшенными массогабаритными характеристиками и увеличенной разрешающей способностью [1].

Основные характеристики зарубежных идентификаторов радиоизотопов представлены в таблице 3.

Британская компания Kromek производит серию приборов радиационной разведки D3S, среди которых идентификатор радиоизотопов D3S ID, индивидуальный детектор ионизирующих излучений D3S PRD, сетевой детектор радиоактивного излучения D3S NET и детектор D3S Drone, устанавливаемый на БЛА для нанесения на карту мест с повышенной радиоактивностью. Для работы приборов необходимо специальное программное обеспечение, которое скачивается на телефон, «привязанный» к детекторам. Внося изменения в программное обеспечение, пользователь может изменить функциональное предназначение прибора, т.е. обновив программу, индивидуальный детектор ионизирующих излучений можно трансформировать в идентификатор радиоизотопов или в сетевой вариант детектора радиоактивного излучения. При этом внешний вид прибора не изменится⁷. Общий вид прибора серии D3S и отображение на экране мобильного телефона результата его работы представлены на рисунке 4.

В США в рамках программы по разработке бортовой системы радиационной разведки планируется создание унифицированного средства с широким рабочим диапазоном для замены устаревших приборов AN/VDR-2 и UDR-13 [1].

Особое внимание уделяется дистанционному обнаружению радиоактивных веществ. Уче-

⁶ Environics. Products. URL: <http://www.environmentics.fi/products/> (дата обращения: 10.09.2020).

⁷ Kromek. Products. URL: <http://www.kromek.com/products/> (дата обращения: 10.09.2020).

Таблица 3 – Основные характеристики идентификаторов радиоизотопов

Характеристика	Значение		
	RadSeeker CL (США)	Ranid Pro 200 с устройством RanidSOLO (Финляндия)	identiFINDER R425 (США)
Диапазон регистрируемых энергий гамма-излучения, кэВ	25...3000	30...3000	25...3000
Диапазон измерения мощности дозы, мкЗв/ч	0,01...200	0,01...100	0,1...50
Энергетическое разрешение гамма-спектрометрического тракта (по энергии излучения 662 кэВ, Cs-137), %	1,5	3	7
Габаритные размеры, мм	178 × 305 × 114	440 × 340 × 190	235 × 100 × 95
Масса, кг	2,2	4,7	1,2
Диапазон рабочих температур, °С	-32...50	-20...50	-30...60



Рисунок 4 – Общий вид прибора серии D3S и отображение на экране мобильного телефона результата его работы (фото с сайта <http://www.kromek.com/products/> (дата обращения: 10.09.2020))

ные из Мэрилендского университета (University of Maryland, США) разработали и испытали метод и устройство поиска РВ на большом расстоянии, которое срабатывает, даже если опасный материал упакован в защитный контейнер. Новый метод заключается в том, чтобы облучать подозрительный объект инфракрасным лазером с длиной волны 3,9 мкм. Новая технология уже прошла лабораторные испытания [3].

Корейские ученые из Национального института науки и технологий в Ульсане (Ulsan National Institute of Science and Technology, Республика Корея) также разработали новую методику обнаружения радиоактивных веществ,

позволяющую найти даже небольшие количества нестабильных элементов на расстоянии в километр. Ученые обратили внимание на то, что электроны, вырабатываемые радиоактивными веществами, особым образом влияют на мощные пучки электромагнитного излучения и облака плазмы, которые они создают при своем движении. При фокусировке луча на достаточно узкой области пространства попадание электрона в него фактически гарантированно связано с наличием радиоактивных элементов поблизости [4].

Таким образом, в ведущих зарубежных странах продолжают исследования и разработки, направленные на создание новых средств радиационной разведки. Особое внимание уделяется совершенствованию персональных дозиметров и радиоспектрометров, а также идентификаторов радиоизотопов, которые могут использоваться как в военное, так и мирное время для решения различных задач на радиационно опасных объектах. Также ученые разрабатывают новые методики дистанционно-го обнаружения радиоактивных веществ.

2. Основные направления развития средств химической разведки зарубежных стран

В ходе решения комплекса проблем, связанных с обеспечением защиты от химического оружия, в странах НАТО продолжают интенсивные исследования по разработке новых методов и технологий обнаружения и идентификации отравляющих веществ (ОВ), а также модернизации стоящих на снабжении технических средств химической разведки.

К настоящему времени зарубежными специалистами разработан ряд новых средств химической разведки, обладающих более высокими возможностями и техническими параметрами.

трами. При этом приоритет в плане создания средств индикации XXI в. уделяется разработке малогабаритных приборов для индивидуального пользования, основанных на различных аналитических методах, таких как поверхностная акустическая волна, сенсорные технологии, спектрометрия ионной подвижности и инфракрасная (ИК) спектроскопия, а также на комбинациях этих методов, что способствует значительному повышению их эффективности, быстродействия и специфичности.

В современных средствах индикации наиболее часто используется метод спектрометрии ионной подвижности, обеспечивающий высокое быстродействие, чувствительность и портативность приборов этого типа. В настоящее время разработан ряд средств химической разведки на основе этого метода, самым показательным из которых является американский прибор JCAD, созданный специалистами Химико-биологического центра (ХБЦ) командования по развитию боевых возможностей армии США (до февраля 2019 г. Эджвудский химико-биологический центр) на базе прибора LCD 3.3 британской фирмы Smiths Detection.

Газосигнализатор JCAD состоит на снабжении ВС США с 2008 г., а в модификации M4A1 JCAD с 2012 г. Тем не менее, сотрудники ХБЦ продолжают усовершенствование прибора. В 2014 г. был разработан метод, благодаря которому JCAD обнаруживает твердые взрывчатые вещества, при этом аппаратное обеспечение и первоначальное предназначение прибора не изменились. Специалисты дополнили устройство новым защитным колпаком от дождя и снега с сенсорным поршнем (модификация JCAD CED). В июне 2018 года прошли полевые испытания прибора JCAD с адсорбционным адаптером (модификация JCAD SLA). Предполагается, что данная модификация позволит обнаруживать как «нетрадиционные агенты», так и запрещенные наркотические вещества, включая такие опиоиды, как героин и фентанил⁸. В 2021 г. планируется закупить 499 приборов в модификации JCAD SLA [1].

Перспективные технологии обнаружения ОБ реализуются в новых образцах химической разведки. В портативном газосигнализаторе JUNO американской фирмы Chemring Detection System используется технология спектрометрии дифференциальной ионной подвижности, преимуществами которой являются высокий

уровень селективности и чувствительности и возможность одновременного обнаружения ОБ нервно-паралитического и кожно-нарывного действия⁹.

Финская компания Environics в июне 2019 года представила портативный химический детектор нового поколения ChemProX, работа которого основана на технологии спектрометрии ионной подвижности открытого типа. Прибор может использоваться как автономно, так и в сети из нескольких приборов (до 10 детекторов), что позволит в режиме реального времени отображать обстановку на местности при проведении химической разведки. Приборы способны синхронизироваться друг с другом, обобщать информацию и передавать ее в центр управления. Кроме того, в приборе имеется встроенный режим имитации, позволяющий создавать различные реалистичные сценарии в ходе обучения личного состава¹⁰.

В ведущих зарубежных странах продолжается разработка малогабаритных масс-спектрометрических систем, предназначенных как для контроля атмосферы в полевых условиях, так и для обеспечения безопасности персонала при ликвидации промышленных отходов и контроля производственных процессов. На основе технологии масс-спектрометрии высокого давления компанией 908 Devices были разработаны газосигнализаторы M908 и MX908.

Селективность приборов позволяет обнаруживать следовые количества опасных веществ в присутствии большого количества разнообразных фоновых химикатов, не представляющих угрозы. Масс-анализатор, используемый в приборах, работает по технологии «ионная ловушка», что дает возможность проводить работы без создания экстремального вакуума или дополнительной подачи газа. Газосигнализатор M908 способен обнаруживать и идентифицировать наиболее токсичные соединения в твердом, жидком или парообразном состоянии, а прибор MX908 кроме ОБ способен обнаруживать также наркотические вещества и средства на основе лекарственных препаратов и широкий спектр взрывчатых веществ. В 2019 году в базу данных прибора были включены отравляющие вещества класса «Новичок»¹¹.

В последнее время широко используется инфракрасная спектроскопия на основе преобразования Фурье. Портативный ИК-Фурье спектрометр HazMatID Elite, разработанный

⁸ Aberdeen Proving Ground News. URL: <http://apgnews.com/category/inside-the-innovation/> (дата обращения: 02.07.2020).

⁹ Chemring Sensors and Electronic Systems. Products. URL: <http://www.chemringsensors.com/products/> (дата обращения: 15.04.2020).

¹⁰ Environics. Products. URL: <http://www.envi-ronics.fi/products/> (дата обращения: 10.09.2020).

¹¹ 908devices. Products. URL: <http://www.908devices.com/> (дата обращения: 25.06.2020).

фирмой Smiths Detection (Великобритания), идентифицирует ОВ, промышленные токсичные химикаты, а также применяется для экологического мониторинга.

Американскими специалистами было предложено определять ОВ при помощи метода спектроскопии комбинационного рассеяния света, который позволяет идентифицировать опасные твердые и жидкие вещества через стенки стеклянных и пластиковых сосудов без их вскрытия. Среди последних разработок в данной области – прибор ACE-ID (Smiths Detection), Progeny ResQ и ResQ COL (Rigaku Analytical Devices), Resolve (Cobalt).

В приборе ACE-ID реализована возможность растрового сканирования, позволяющая рассеивать энергию лазера и исключить риск нагрева, воспламенения или взрыва исследуемых веществ. База данных прибора включает в себя более 500 веществ, включая токсичные химикаты, наркотики и взрывчатые вещества и их прекурсоры¹².

Приборы Progeny ResQ и ResQ COL способны анализировать вещества в виде жидкостей, паст, порошков и гелей, а база данных прибора включает около 13000 химических веществ и их соединений, которые прибор может идентифицировать, включая взрывчатые вещества, наркотики, токсичные химикаты и ОВ. С 2019 года прибор Progeny ResQ входит в состав комплекта оборудования для мобильной системы РХБ разведки¹³.

В последнее время широко применяется колориметрический метод анализа. Система VOSkit, разработанная сотрудниками ХБЦ армии США, идентифицирует пары вещества при помощи процесса, сходного с обонянием. А новый детектор токсичных веществ VK3, являющийся усовершенствованной версией системы VOSKit, позволяет «пробовать на вкус» подозрительные жидкости и определять степень их опасности. Во время исследования эксплуатационных характеристик прибор VK3 продемонстрировал способность идентифицировать жидкие химические вещества, включая ОВ, в полевых условиях [5].

В 2019 г. сотрудники ХБЦ армии США разработали карманный детектор PDP, в основе работы которого также лежит колориметрический анализ. Кроме идентификации опасных веществ в полевых условиях прибор можно ис-

пользовать в качестве контейнера для хранения образцов для последующего анализа в случае необходимости¹⁴.

Колориметрический метод на основе действия ферментов, используемый в спрее-индикаторе Agentase C2 фирмы FLIR Systems (США) позволяет выявлять даже следовые количества ОВ на различных поверхностях, оборудовании или одежде. При нанесении Agentase C2 имеет свойство изменять цвет с желтого на красный в случае обнаружения опасных химических веществ¹⁵.

Следует также отметить, что за рубежом продолжают работы по созданию комбинированных систем, сочетающих достоинства различных методов обнаружения, что дает возможность создания расширенных баз данных и полной компьютеризации приборов. К отличительным особенностям приборов, созданных на основе сочетания различных методов анализа, также относятся повышенная мобильность, портативность, прочность конструкции, полное автоматическое управление. Среди наиболее представительных средств обнаружения ОВ, сочетающих различные технологии обнаружения, следует выделить прибор химического контроля Gemini (Thermo Scientific, США), в котором используется метод ИК спектроскопии с преобразованием Фурье и метод спектроскопии комбинационного рассеяния света и портативный хромато-масс-спектрометр Griffin G510 (FLIR Systems), сочетающий методы газовой хроматографии и масс-спектрометрии.

Прибор Gemini предназначен для идентификации ОВ, промышленных токсичных химикатов и для экологического мониторинга и приспособлен к эксплуатации в неблагоприятных условиях. В 2020 году компания Thermo Scientific усовершенствовала прибор, добавив в него спектрометр усиленного поверхностно комбинационного рассеяния, что позволит обнаруживать низкие концентрации наркотических средств и психотропных веществ. Также было обновлено программное обеспечение прибора¹⁶.

Griffin G510 представляет собой универсальный прибор, который позволяет непосредственно на местности анализировать вещества во всех агрегатных состояниях (в твердом, жидком и парообразном). Интегрированный в прибор нагреваемый пробоотборник дает воз-

¹² Smiths Detection. Products. URL: www.smithsdetection.com/ (дата обращения: 18.06.2020).

¹³ Rigaku Analytical Devices. URL: <http://www.rigakuanalyticaldevices.com/> (дата обращения: 31.10.2019).

¹⁴ Aberdeen Proving Ground News. URL: <http://apgnews.com/category/inside-the-innovation/> (дата обращения: 2.07.2020).

¹⁵ FLIR Systems. Products. URL: <http://www.flir.com/> (дата обращения: 24.09.2020).

¹⁶ Thermo Scientific. Products. URL: <https://www.thermoscientific.com> (дата обращения: 13.08.2020).



Рисунок 5 – Зарубежные приборы локальной химической разведки.

A – JCAD (США) – фото с сайта: URL: www.smithsdetection.com/ (дата обращения: 18.06.2020); Б – M908 (США) – фото с сайта <http://www.908devices.com/> (дата обращения: 25.06.2020); В – Griffin G510 (США) – фото с сайта <http://www.flir.com/> (дата обращения: 24.09.2020)

возможность оператору идентифицировать химические вещества в парообразном состоянии в течение нескольких секунд при работе в режиме идентификации. Входящий в комплект инжектор для ввода проб с делением/без деления потока позволяет проводить пробоотбор путем введения шприцем органических жидкостей¹⁷.

Общий вид наиболее представительных приборов локальной химической представлен на рисунке 5, а их основные характеристики – в таблице 4.

В качестве одного из наиболее перспективных направлений деятельности в сфере технологий, направленных на создание и совершенствование методов и средств индикации и идентификации ОВ, рассматривается разработка датчиков, в основе которых используются наноструктуры, что позволит расширить спектры возможностей по обнаружению и идентификации ОВ в масштабе времени, близком к реальному. Предполагается, что приборы с наноструктурными материалами, интегрированными на микроэлектромеханические системы, смогут заменить большинство общераспространенных традиционных сенсорных датчиков. В частности, объединение наноструктурных материалов и микроэлектромеханических систем позволит улучшить значения

таких характеристик, как чувствительность, быстроедействие, масса и габариты. Интегрированные с микроэлектромеханическими системами наноматериалы, включая углеродные нанотрубки, кремниевые и металлоксидные нанонити, успешно прошли испытания в сенсорных датчиках различного применения, в том числе в ИК системах и датчиках, применяемых в детекторах ОВ и БПА [6].

Исследователи ХБЦ в сотрудничестве с учеными из университета Индианы-Пердью разрабатывают новый метод обнаружения ОВ и БПА, получивший название ионизация спреем с бумаги (paper spray ionization). На небольшой лист фильтровальной бумаги, помещаемый в одноразовый пластиковый цилиндрический контейнер, военнослужащий может поместить любой жидкий образец, включая кровь и мочу. Образцы, хранящиеся на бумаге, стабильны при комнатной температуре и не требуют дальнейшей подготовки для проведения анализа. В лаборатории контейнер помещается в автоматический пробоотборник, где бумага смачивается растворителем для извлечения образца. Затем электрический заряд разделяет образец на капли, которые сможет проанализировать масс-спектрометр. Результаты анализа готовы менее чем через минуту.

Таблица 4 – Основные характеристики приборов локальной химической разведки

Характеристика	Значение		
	JCAD (США)	M908 (США)	Griffin G510 (США)
Пороговая концентрация обнаружения	частицы на триллион	частицы на триллион	частицы на триллион
Быстродействие, с	10	10	1...2
Габаритные размеры, мм	106 × 180 × 465	220 × 185 × 76	337 × 337 × 400
Масса, кг	0,58	2,00	16,30
Диапазон рабочих температур, °С	-32...60	-20...40	0...40

¹⁷ FLIR Systems. Products. URL: <http://www.flir.com/> (дата обращения: 24.09.2020).

Ученые также разрабатывают колориметрические чувствительные материалы с возможностью самоиндикации, которые помогут военнослужащим определить наличие токсичных химикатов в полевых условиях. Новые материалы способны изменять свой цвет при контакте с токсичными химическими соединениями. Это свойство материалов поможет определить потенциальное заражение и принять соответствующие защитные меры. Предполагается, что данные материалы будут определять такие отравляющие вещества, как зарин, V-газы, иприт и найдут свое применение в ультра-легких химических сенсорах¹⁸.

Средства дистанционного обнаружения отравляющих веществ рассматриваются в качестве составной части существующей системы средств РХБ разведки, позволяющей повысить эффективность мероприятий по выявлению радиационной, химической и биологической обстановки на больших территориях в заданные сроки.

В настоящее время исследования проводятся как с активными детекторами на основе лидаров, позволяющими выявлять специфические полосы поглощения известных ОВ в отраженном лазерном луче, так и с пассивными, принцип действия которых заключается в сравнении спектральных характеристик теплового излучения окружающей среды с эталонными значениями.

Среди наиболее представительных современных дистанционных средств следует отметить легкий прибор JSLSCAD, мобильную систему iMCAD, комплекс дистанционной химической разведки Second Sight, дистанционный газосигнализатор RAPIDplus, систему дистанционного обнаружения опасных химических веществ PORTHOS, основанные на методе ИК-спектроскопии и активный лидар Falcon 4G.

Французский комплекс дистанционной химической разведки Second Sight MS предназначен для обнаружения облаков ОВ, токсичных промышленных химикатов и других летучих органических соединений при помощи тепловизора, работающего в ближней ИК области спектра. Обработка полученных данных осуществляется с помощью удобного для пользователя программного обеспечения. В комплексе имеется свето- и звуковая сигнализация и система GPS навигации¹⁹.

Дистанционный газосигнализатор RAPIDplus – это компактный, простой в обращении прибор, который может применяться как автономно, так и устанавливаться на транспортных средствах, кораблях и вертолетах. Определение типов ОВ осуществляется путем сравнения измеряемого сигнала со всеми спектрами, имеющимися в базе данных²⁰.

Работа системы дистанционного обнаружения опасных химических веществ PORTHOS основана на методе пассивной ИК-спектроскопии с преобразованием Фурье. Она работает в ближней ИК-области спектра и обнаруживает и идентифицирует пары отравляющих веществ нервно-паралитического, общеядовитого и кожно-нарывного действия и токсичных промышленных химикатов²¹.

Falcon 4G – представляет собой активный лидар дифференциального поглощения с двумя перенастраиваемыми лазерами на основе CO₂. Данные углекислотные лазеры с диапазоном перестройки позволяют выбрать длину волн (линии излучения лазера), используемую для обнаружения ОВ. В приборе не применяются линии излучения лазера, поглощаемые парами воды, поэтому отрицательное воздействие воды в атмосфере незначительно. Неблагоприятное влияние атмосферного углекислого газа также может быть минимизировано с помощью выбора длины волны для обнаружения²².

Использование технологии дифференциального рассеяния позволяет Falcon 4G оценивать распределение частиц по размерам. Детектор подает сигнал тревоги при обнаружении опасных аэрозолей с размером частиц около 5 мкм. Прибор также может принимать отраженное излучение от аэрозолей естественного происхождения, находящихся в воздухе, таких как капли воды, частицы пыли, пыльца растений. Отраженное лазерное излучение позволяет оценить профиль распределения концентрации в зараженном облаке вдоль пути измерения.

Общий вид наиболее представительных приборов дистанционного обнаружения отравляющих веществ представлен на рисунке 6, а их основные характеристики – в таблице 5.

Таким образом, в настоящее время в ведущих зарубежных странах ведутся активные исследования, направленные на разработку перспективных методов анализа и технологий в целях модернизации существующих и замены

¹⁸ Aberdeen Proving Ground News. URL: <http://apgnews.com/category/inside-the-innovation/> (дата обращения: 02.07.2020).

¹⁹ Bertin Instruments. Products. URL: <http://www.Bertin-Instruments.com>. (дата обращения: 27.08.2020).

²⁰ Brüker Detection. Products. URL: <http://www.bruker.com>. (дата обращения: 25.06.2020).

²¹ Block Engineering. Products. URL: <http://www.blockeng.com/products/> (дата обращения: 6.08.2020).

²² SEC Technologies. Products. URL: <http://www.sec-technologies.com/> (дата обращения: 09.04.2020).

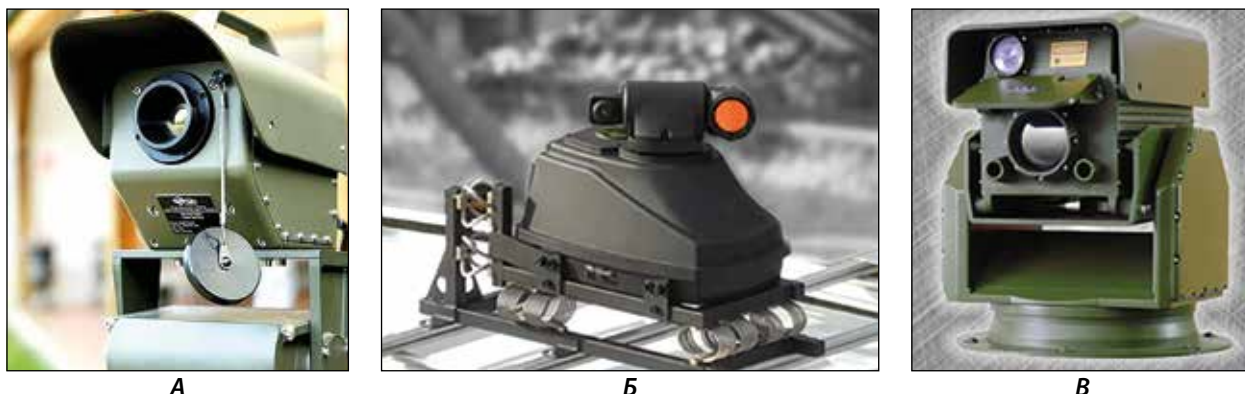


Рисунок 6 – Зарубежные приборы дистанционного обнаружения отравляющих веществ.

А – Second Sight MS (Франция) – фото с сайта: URL: <http://www.Bertin-Instruments.com>. (дата обращения: 27.08.2020); Б – RAPIDplus (Германия) – фото с сайта <http://www.bruker.com>. (дата обращения: 25.06.2020); В – Falcon 4G (Словакия) – фото с сайта <http://www.sec-technologies.com/> (дата обращения: 09.04.2020)

устаревших образцов, способствующих созданию нового поколения средств обнаружения и идентификации ОВ. Новые технологии позволяют увеличить перечень определяемых ОВ, повысить порог чувствительности, быстродействие, специфичность, портативность и мобильность.

3. Основные направления развития средств биологической разведки зарубежных стран

В настоящее время основные технические проблемы разработки средств обнаружения биологических поражающих агентов (БПА) связаны с обеспечением необходимой эффективности отбора проб и чувствительностью детекторов обнаружения и идентификации БПА.

Развитие зарубежных средств обнаружения БПА направлено на создание универсальных малогабаритных систем, обладающих высокой чувствительностью и селективностью, а также комплексных систем автоматизирован-

ного контроля окружающей среды и оповещения о РХБ обстановке на основе локальных и дистанционных датчиков.

Обнаружение БПА основано преимущественно на методе полимеразной цепной реакции (ПЦР). Первый детектор на основе ПЦР, позволяющий получать в полевых условиях результаты лабораторного качества, был создан в 1999 году американской компанией BioFire (США). Новая разработка компании – автоматизированная система биомониторинга FilmArray, объединяющая в себе несколько этапов диагностики: подготовку пробы, амплификацию, обнаружение и анализ. Автоматизированная система может использоваться в передвижных биологических лабораториях²³.

Компания Tetracore, специализирующаяся на разработке и производстве диагностических устройств, выпускает портативный амплификатор T-COR 8, работа которого также основана на методе ПЦР. Прибор позволяет анализиро-

Таблица 5 – Основные характеристики приборов дистанционного обнаружения отравляющих веществ

Характеристика	Значение		
	Second Sight MS (Франция)	RAPIDplus (Германия)	Falcon 4G (Словакия)
Спектральный диапазон, мкм	7...12	7,5...14	9,6...11,3
Максимальная дальность обнаружения, км	5	5	6
Быстродействие, с	2	2	0,25
Диапазон рабочих температур, °С	-20...45	-20...49	-32...55
Габаритные размеры, мм	350 × 260 × 500	500 × 331 × 386	507 × 272 × 296
Масса, кг	10,2	28,7	28,0

²³ BioFire Defense. Products. URL: <http://www.BioFireDefense.com> (дата обращения: 18.06.2020).

вать пробы на наличие БПА и точно идентифицировать возбудителей в режиме реального времени в полевых условиях²⁴.

Американский консорциум Camtech разработал портативный высокочувствительный биодетектор Camthrax, предназначенный для обнаружения опасных биологических веществ и токсинов в режиме реального времени. Он способен обнаруживать до 3 000 спорообразующих бактерий, находящихся в порошкообразных веществах или частицах пыли, грязных пятнах и разлитой жидкости. При подготовке простых проб применяется оптическая технология, не требующая смешивания веществ²⁵.

В рамках программы по разработке тактической системы обнаружения БПА специалисты ХБЦ командования по развитию боевых возможностей армии США создали тактический детектор БПА второго поколения ТАСВЮ, который определяет наличие угрозы с помощью светодиода, разработанного при поддержке Агентства DARPA (США) и который уже заменил ранее использовавшиеся более крупные и дорогостоящие ультрафиолетовые лазеры²⁶.

Компанией FLIR Systems, Inc. (США) был разработан биодетектор IBAC 2, представляющий собой систему непрерывного мониторинга состояния воздуха в режиме реального времени. При наличии в воздухе угроз биологического происхождения прибор подает сигнал тревоги в течение 60 секунд после обнаружения. Биодетектор IBAC 2 может работать автономно, в сети из нескольких приборов и в качестве бортового прибора. Он способен обнаруживать споры, бактерии, вирусы и токсины. Прибор автоматически подает сигнал тревоги сразу после обнаружения опасного вещества, после чего проводит отбор образцов для дальнейшего анализа, а затем передает данные в центры командования и управления²⁷.

Компания Bruker Detection (ФРГ) разработала и производит портативный биодетектор pVDi. Прибор обнаруживает токсины, бактерии и вирусы и приспособлен для работы в полном защитном обмундировании при экстремальных условиях. Также биодетектор может использоваться в качестве бортового средства разведки.

Принцип обнаружения pVDi основан на методе твердофазного иммуоферментного анализа ELISA²⁸.

Специалистами Баттельского мемориального института была разработана система биоидентификации нового поколения REBS, которая непрерывно осуществляет отбор проб из окружающего воздуха и автоматически анализирует их на наличие БПА, включая бактерии, вирусы, токсины. Стоимость анализа одного образца составляет менее четырех центов. В приборе используются неразрушающие методы анализа, что наряду с автоматическим архивированием данных означает, что отобранные образцы могут быть в дальнейшем проанализированы для подтверждения результатов прикладных исследований и медицинской диагностики²⁹.

Американская фирма Chemring Sensors and Electronic Systems, входящая в состав Chemring Group производит идентификатор биологических агентов ATHINA, который может идентифицировать биологически опасные вещества различными методами: ПЦР, обратной транскрипции или иммунологического анализа, а также при помощи комбинации этих методов. Для выполнения анализов в идентификаторе применяются специальные картриджи³⁰.

Одним из основных направлений развития средств биологической разведки является интеграция биодетекторов в единые системы сбора, анализа и обработки данных. Такие системы предназначены для контроля биологической обстановки военных объектов и могут входить в глобальные системы контроля за РХБ обстановкой больших территорий. Примером могут служить вышеупомянутые приборы IBAC 2 и REBS. При сетевом применении IBAC 2 вся информация с детекторов подается в центральный пункт сбора данных. Программное обеспечение позволяет объединить в сеть до 10 биодетекторов для дистанционного мониторинга в режиме реального времени. Они могут контролироваться с одного компьютера, на котором сохраняются исходные и обработанные данные для дальнейшего анализа. Система REBS также может использоваться в сети из нескольких приборов (количество приборов сети может дохо-

²⁴ Tetracore. T-COR 8. URL: <http://www.tetracore.com> (дата обращения: 10.09.2020).

²⁵ Camtech Diagnostics. Products. URL: <http://www.camtechdiagnostics.com> (дата обращения: 18.06.2020).

²⁶ Annual Report. Solutions. U.S Army Edgewood Chemical and Biological Center. URL: www.ecbc.army.mil/ (дата обращения: 18.06.2020).

²⁷ FLIR Systems. Products. URL: <http://www.flir.com/> (дата обращения: 24.09.2020).

²⁸ Bruker Detection. Products. URL: <http://www.bruker.com>. (дата обращения: 25.06.2020).

²⁹ Battelle. REBS. URL: <http://www.battelle.org>. (дата обращения: 29.01.2020).

³⁰ Chemring Sensors and Electronic Systems. Products. URL: <http://www.chemringsensors.com/products/> (дата обращения: 15.04.2020).

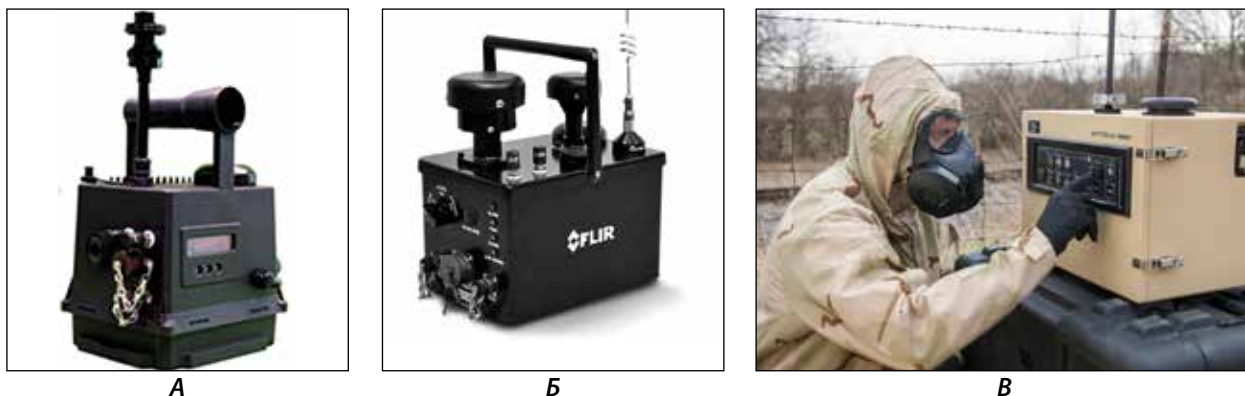


Рисунок 7 – Зарубежные биодетекторы.

**А – TACBIO (США) – фото с сайта: URL: <http://www.cbc.ccdc.army.mil/> (дата обращения: 18.06.2020);
Б – IBAC 2 (США) – фото с сайта <http://www.flir.com/> (дата обращения: 24.09.2020); В – REBS (США) – фото с сайта <http://www.battelle.org>. (дата обращения: 29.01.2020)**

доть до 255), данные с которых подаются в единый пункт управления.

Общий вид наиболее представительных биодетекторов представлен на рисунке 7, а их основные характеристики – в таблице 6.

В последнее время особое внимание уделяется разработке пробоотборников и биоколлекторов. Одними из последних разработок являются пробоотборники Coriolis μ и Coriolis Compact фирмы Bertin Instruments (рисунок 8).

Работа Coriolis μ основана на технологии влажного циклонного вихря, с помощью которой возможно проводить исследование больших объемов воздуха. Coriolis Compact, представленный фирмой в сентябре 2019 года, – это сухой центробежный коллектор, предназначенный для мониторинга воздуха в случае угрозы биологического заражения. Данные приборы применяются для отбора проб, предположительно содержащих коронавирус SARS-CoV-2³¹.

Фирма Chemring Sensors and Electronic Systems производит биодетекторы, совмещенные с коллекторами аэрозолей, DC100 и DC200.

Работа обоих устройств основана на принципе лазерно-индуцированной флуоресценции с использованием ультрафиолетовых светодиодов, разработанных ХБЦ армии США для безреагентного обнаружения частиц аэрозоля. Приборы постоянно отбирают образцы окружающего воздуха, контролируя повышение концентрации флуоресцирующих частиц. В случае обнаружения потенциальной опасности инициируется отбор пробы и сигнал тревоги передается на интерфейс пользователя и через коммуникационную сеть³².

Для защиты от биологических угроз важным становится раннее обнаружение, а также идентификация биологических агентов и токсинов. Поэтому в последнее время ведется усиленный поиск возможностей немедленной диагностики в полевых условиях.

Ученые из Национальной лаборатории Сандия направили все свои усилия на разработку системы быстрого тестирования, с помощью которой можно было бы обнаружить споры сибирской язвы, рицин, ботулин и другие опасные

Таблица 6 – Основные характеристики приборов дистанционного обнаружения отравляющих веществ

Характеристика	Значение		
	TACBIO (США)	IBAC 2	Falcon 4G (Словакия)
Чувствительность, частиц/л	200, менее	100, менее	130...190
Время обнаружения БПА, мин	1, менее	1, менее	1...2
Диапазон рабочих температур, °С	-15...50	-20...50	-12...50
Габаритные размеры, мм	305 × 152 × 203	240 × 165 × 229	450 × 310 × 310
Масса, кг	1,5	5,5	19

³¹ Bertin Instruments. Products. URL: <http://www.Bertin-Instruments.com>. (дата обращения: 27.08.2020).

³² Chemring Sensors and Electronic Systems. Products. URL: <http://www.chemringsensors.com/products/> (дата обращения: 15.04.2020).



Рисунок 8 – Зарубежные пробоотборники.
А – Coriolis μ (Франция); Б – Coriolis Compact
(Франция)

*(фото с сайта: <http://www.Bertin-Instruments.com>.
 (дата обращения: 27.08.2020))*

вещества, которые могут быть использованы в качестве биологического оружия. В результате на грант от Национального института здравоохранения США была создана переносная лаборатория SpinDx. Лаборатория SpinDx может исследовать отдельный образец одновременно на 64 возбудителя и токсина и выдать результат уже через 15 минут. Образцы наносятся на специальные диски, поверхность которых покрыта реагентами и антителами к определенным токсинам.

Диски затем вставляются в SpinDx и раскручиваются в миниатюрной центрифуге. Данная технология, получившая название «лаборатория на диске» (lab-on-a-disk), отличается дешевизной, производство одного диска обходится менее 10 центов³³.

Анализ зарубежных информационных материалов показывает, что наиболее интенсивно НИОКР в области развития средств обнаружения БПА ведутся научно-исследовательскими учреждениями МО США. Проводимые в настоящее время исследования и разработки направлены на миниатюризацию приборов и на повышение их чувствительности. Кроме того, одним из основных направлений развития средств биологической разведки является интеграция биодетекторов в единые системы сбора, анализа и обработки данных. Такие системы будут предназначены для контроля биологической обстановки военных объектов и могут входить в глобальные системы контроля за РХБ обстановкой больших территорий.

Таким образом, исследования и разработки в области развития средств радиационной, химической и биологической разведки направлены на широкую унификацию и миниатюризацию приборов. Продолжаются исследования по созданию новых и модернизации существующих средств обнаружения и идентификации РВ, ОВ и БПА.

³³ SpinDx™ Lab on a Disk. URL: <http://ip.sandia.gov/technology.do/> (дата обращения: 09.04.2020).

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют, что исследования проводились при отсутствии любых коммерческих или финансовых отношений, которые могли бы быть истолкованы как потенциальный конфликт интересов.

Сведения о рецензировании

Статья прошла открытое рецензирование двумя рецензентами, специалистами в данной области. Рецензии находятся в редакции журнала и РИНЦе.

Список источников

1. Department of Defense Fiscal Year (FY) 2021 Budget Estimates. Chemical and Biological Defense Program. Procurement, Defense-Wide // Justification Book Volume 1 of 2. February 2020. 188 p.
2. Jagels G. Sense and Identify. The Latest in Handheld Radiation Detectors // CST & CBRN Source Book. Security & Border Protection. Winter 2013/14. P. 14–16.
3. Detecting radioactive material remotely // C2BRNE DIARY. 2019. April. Part B. P. 3–4. URL: <http://www.cbrne-terrorism-newsletter.com> (дата обращения: 21.05.2019).
4. Remote detection of hazardous radioactive substances // CBRNE-Terrorism Newsletter. 2017. June. Part B. P. 14. URL: <http://www.cbrne-terrorism-newsletter.com> (дата обращения: 21.05.2019).
5. New Detection Device that “Tastes” Liquid Chemical Agents // C2BRNE DIARY. 2018. December. Part A. P. 67–68. URL: <http://www.cbrne-terrorism-newsletter.com> (дата обращения: 16.01.2019).
6. Quranta P. Airborne Sensors // Military Technology. 2016. № 6. P. 118–121.

Об авторах

Федеральное государственное бюджетное учреждение «33 Центральный научно-исследовательский

испытательный институт» Министерства обороны Российской Федерации, 412918, Российская Федерация, г. Вольск-18, ул. Краснознаменная, д. 1.

Лопатина Наталия Борисовна. Старший научный сотрудник.

Фролов Дмитрий Владимирович. Начальник отдела, канд. тех. наук, доц.

Контактная информация для всех авторов: 33cnii-ito@mil.ru

Контактное лицо: Лопатина Наталия Борисовна; 33cnii-ito@mil.ru

The Principal Trends of the Development of Radiological, Chemical and Biological Detection Equipment of Foreign Countries

N.B. Lopatina, D.V. Frolov

Federal State Budgetary Establishment «33 Central Scientific Research Test Institute» of the Ministry of Defence of the Russian Federation, Krasnoznamennaya Street 1, Volsk-18, Saratov Region 412918, Russian Federation

Received 03.11.2020. Accepted for publication 21.12.2020

The lecture is intended for the improvement of the professional skills and knowledge of the students and graduates of military schools in the field of foreign chemical, biological and radiological detection equipment. Three problems are considered in the lecture: 1) the principal trends of the development of radiological detection equipment of foreign countries; 2) the principal trends of the development of chemical detection equipment of foreign countries; 3) the principal trends of the development of biological detection equipment of foreign countries. It is shown in the article, that all the research and development in the field of radiological, chemical and biological reconnaissance tools are aimed at broad unification and miniaturization of the devices. They are also aimed at the creation of new and modernization of existing means of detection and identification of radioactive and toxic substances and biological pathogens.

Keywords: biological detector; chemical detector; standoff detector; dosimeter; radionuclide identification device; spectroscopic personal radiation detector; sampler; weapons of mass destruction; radiological, chemical and biological detection.

For citation: Lopatina N.B., Frolov D.V. The Principal Trends of the Development of Radiological, Chemical and Biological Detection Equipment of Foreign Countries // Journal of NBC Protection Corps. 2020. № 4. С. 470–483. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2020-4-4-470-483>

Conflict of interest statement

The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationship that could be construed as a potential conflict of interest.

Peer review information

The article has been peer reviewed by two experts in the respective field. Peer reviews are available from the Editorial Board and from Russian Science Citation Index database.

References

See P. 482.

Authors

Federal State Budgetary Establishment «33 Central Scientific Research Test Institute» of the Ministry of Defence of the Russian Federation. Krasnoznamennaya Street 1, Volsk-18, Saratov Region 412918, Russian Federation.

Nataliya Borisovna Lopatina. Senior Researcher.

Dmitriy Vladimirovich Frolov. Head of the Scientific and Research Department. Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Contact information for all authors: 33cnii-ito@mil.ru

Contact person: Nataliya Borisovna Lopatina; 33cnii-ito@mil.ru