

УДК 504.064:631.4:539.16

## РАДИАЦИОННОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ В РАЙОНЕ ПЛОЩАДКИ «БАЛАПАН»

Кривицкий П.Е., Айдарханов А.О., Умаров М.А., Мустафина Е.В., Абишева М.Т., Скопченко М.Е.

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

В статье представлены результаты радиационного обследования территории площадью 1005 км<sup>2</sup>, расположенной в районе площадки «Балапан». Основанием для обследования послужили ранее проведенные исследования прилегающей к площадке «Балапан» территории, которые выявили масштабную область радиоактивного загрязнения почвы <sup>241</sup>Am. Удельная активность <sup>241</sup>Am в почве достигает значений ~200 Бк/кг.

Результат исследования этой области показал, что столь масштабное загрязнение имеет форму «следов» радиоактивных выпадений, предположительно вызванных атмосферными испытаниями на площадке «Опытное поле». Особенностью данного загрязнения является небольшое содержание продуктов деления и активации ядерного взрыва, соизмеримое с фоном глобальных выпадений, что нехарактерно для «следов» ядерных выпадений от наземных ядерных испытаний.

**Ключевые слова:** Семипалатинский испытательный полигон (СИП), площадка «Балапан», <sup>241</sup>Am, площадное радиоактивное загрязнение.

## ВВЕДЕНИЕ

При проведении работ по экологическому обследованию части восточной территории СИП, включающей территорию, прилегающую к площадке «Балапан», выявлена масштабная область (более 50% обследуемой территории, около 1000 км<sup>2</sup>) с повышенными значениями удельной активности <sup>241</sup>Am (рисунок 1, а). При этом концентрация <sup>137</sup>Cs находится на уровне фона глобальных выпадений (рисунок 1, б).

Площадка «Балапан» в основном использовалась для проведения подземных ядерных испытаний в вертикальных выработках скважин, радиоактивное загрязнение от которых в большинстве случаев ограничивается территорией, прилегающей к устьям скважин (локализованные мелкоочаговые участки). Однако в ряде случаев, во время проведения испытаний, радиоактивное загрязнение выходило не только за пределы испытательной площадки, но и за преде-

лы полигона. Примером может послужить испытание в скважине 1004, вследствие которого было образовано «Атомное озеро», или испытание в скважине 1366, ядерный взрыв в которой был осуществлен в штатном режиме, но радиоактивные инертные газы (РИГ) распространились на расстояние до 140 км от места взрыва и прошли над поселком Чаган [1, 2].

В соответствии с этим, помимо наиболее вероятного источника, которым являются атмосферные ядерные испытания на площадке «Опытное поле», возможен вариант с образованием радиоактивного загрязнения, вследствие взрывов неполного камуфлета на самой площадке «Балапан». Для установления истинного источника радиоактивного загрязнения проведено обследование участка площадью 1005 км<sup>2</sup>, расположенного между площадками «Опытное поле» и «Балапан» (рисунок 2).

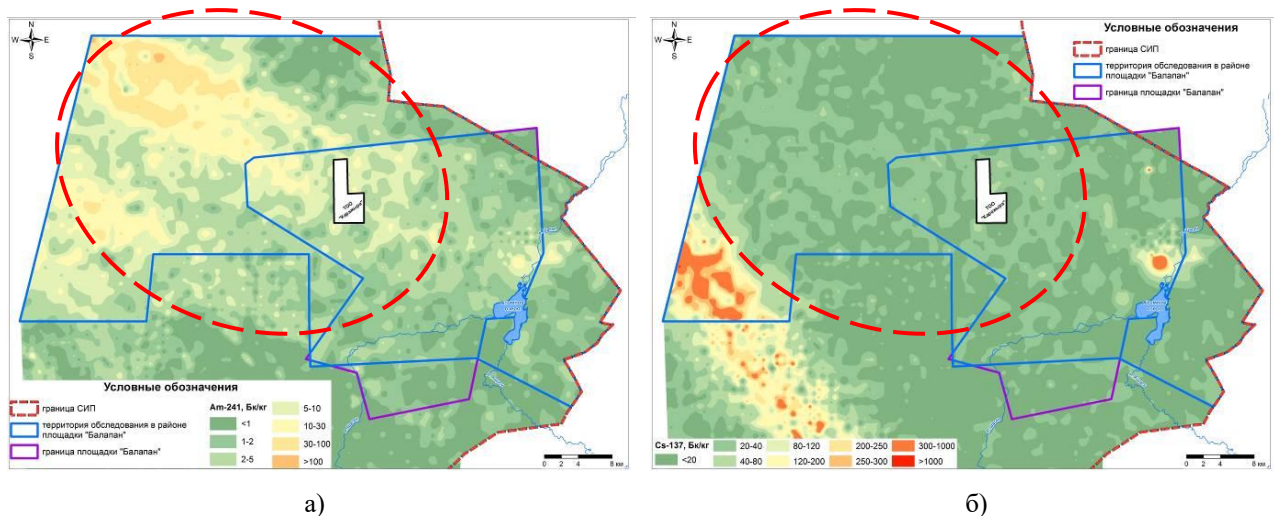


Рисунок 1. Распределение удельной активности <sup>241</sup>Am (а) и <sup>137</sup>Cs (б) на обследованной территории

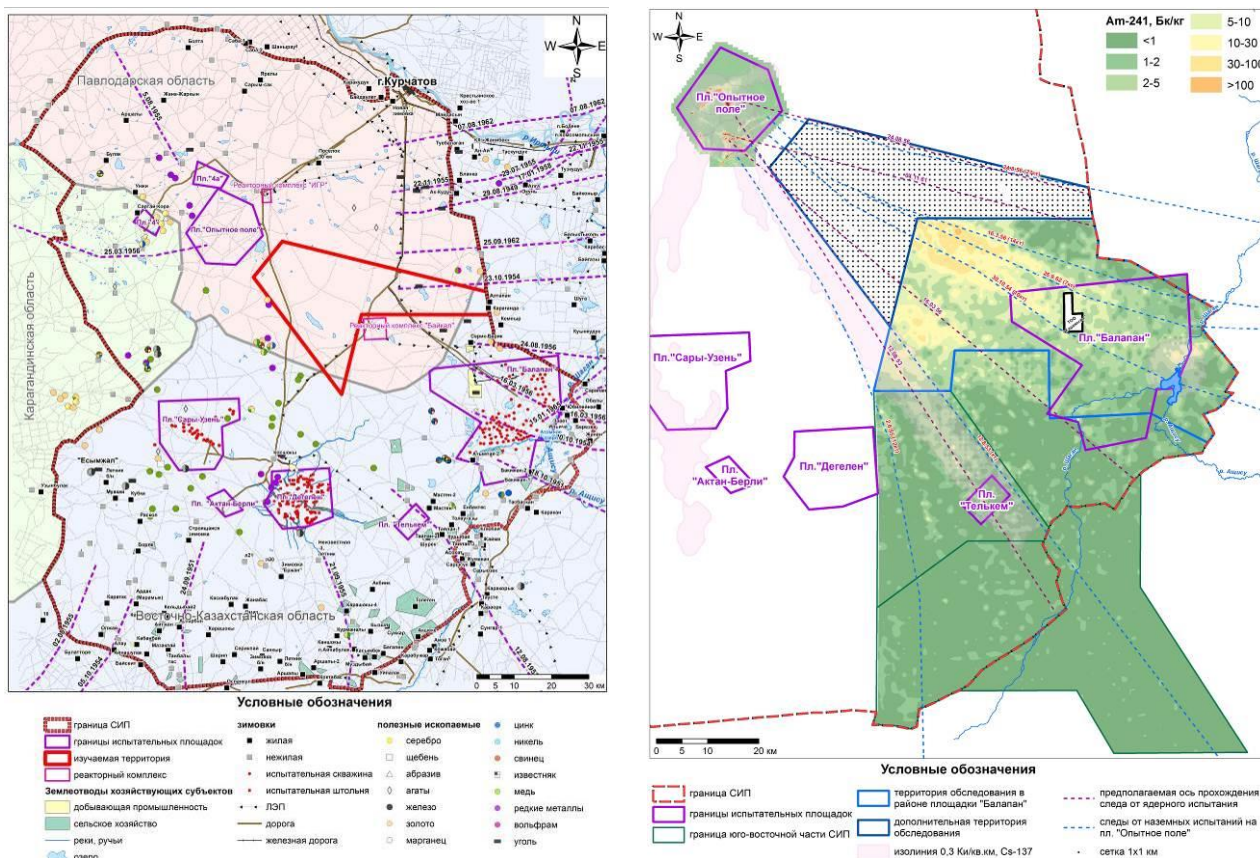


Рисунок 2. Обзорная карта Семипалатинского испытательного полигона и обследуемой территории

На обзорной карте также рассмотрены возможные следы радиоактивных выпадений от атмосферных ядерных испытаний на площадке «Опытное поле» [2]. На основании исторических данных, на исследуемую территорию могут заходить как минимум 7 следов радиоактивных выпадений от атмосферных испытаний, которые проводились в период с 1953 по 1962 гг. В 3 случаях из 7 мощность ядерного испытания превышала 10 кт (испытания 23.08.53, 16.03.56, 24.08.56), что в условиях атмосферного испытания могло привести к радиоактивному загрязнению территории, прилегающей к площадке «Опытное поле».

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

**Полевые исследовательские работы.** Радиологическое обследование территории выполнено по сети 1×1 км (всего 998 точек) и включало в себя точечный отбор проб почвы на глубину 5 см и измерения радиационных параметров (мощность эквивалентной дозы (МЭД) и плотность потока β-частиц). Выбранная сеть 1×1 км позволяет выявить обширные области радиоактивного загрязнения. К такому типу радиоактивного загрязнения относятся следы радиоактивных выпадений от наземных ядерных испытаний, нештатных радиационных ситуаций и экскавационных испытаний.

**Определение радионуклидного состава.** Радионуклидный состав подготовленных проб определялся методом инструментальной гамма-, бета- и альфа-спектрометрии.

Для определения удельной активности <sup>241</sup>Am, <sup>137</sup>Cs и <sup>152</sup>Eu проводились спектрометрические измерения с использованием гамма-спектрометров производства фирмы ORTEC, в состав которых входили: полупроводниковый детектор серии GEM и цифровой анализатор спектров digiDART. Измерения проводились в соответствии с методикой выполнения измерений на гамма-спектрометре № 5.06.001.98 РК [3]. В качестве измерительных контейнеров использовались пластиковые емкости в форме прямого цилиндра диаметром 94 мм, высота образца варьировалась в зависимости от массы. Масса навесок составляла от 500 до 1000 г. Время экспозиции составляло не менее 30 мин. Определение <sup>241</sup>Am проводилось гамма-спектрометрическим методом по линии 59,5 кэВ, <sup>137</sup>Cs – по линии 662 кэВ.

Для определения <sup>90</sup>Sr и <sup>239+240</sup>Pu проводились спектрометрические измерения с предварительным радиохимическим разложением. Для определения содержания <sup>90</sup>Sr подготовка образца заключалась в просеивании пробы почвы с последующим отбором навески и озолением. Озоленная навеска почвы, об-

рабатывалась, при нагревании, 6М раствором HCl (выщелачивалась в 6М HCl). Полученный солянокислый фильтрат использовался для концентрирования и дальнейшего выделения изотопов стронция путем осаждения различных носителей. Активность  $^{90}\text{Sr}$  определялась по его дочернему радионуклиду  $^{90}\text{Y}$ . Измерения активности подготовленного спектрометрического источника проводилось на жидко-сцинтилляционном спектрометре TRI-CARB 2910TR [4].

Для определения содержания  $^{239+240}\text{Pu}$  подготовка образца заключалась в просеивании пробы почвы с последующим отбором навески и прокаливанием. Прокаленная навеска почвы, после внесения трассера, разлагалась концентрированными растворами кислот (HF, HNO<sub>3</sub>). Для концентрирования, очистки и выделения изотопов плутония использовали сильноосновный анионит АВ 17×8. Спектрометрический источник изотопов плутония на стальную пластину при силе тока 1,4 А в течение 1 часа. Измерения активности подготовленного спектрометрического источника проводилось на  $\alpha$ -спектрометре CANBERRA [4].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основными долгоживущими техногенными радионуклидами при ядерных испытаниях являются изотопы Pu и  $^{241}\text{Am}$  (непрореагировавшее ядерное топливо и его дочерний продукт),  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  (продукты деления ядерного топлива) и  $^{152}\text{Eu}$  (продукт нейтронной активации). По результатам лабораторных работ установлено, что удельная активность  $^{152}\text{Eu}$  в подавляющем числе случаев находится ниже предела обнаружения используемой аппаратуры.

#### Характер площадного пространственного распределения радиоактивного загрязнения изотопами Pu и $^{241}\text{Am}$

Диапазон значений удельной активности в почве составил: для  $^{241}\text{Am}$  – от 0,3 до 150 Бк/кг, при среднем значении 13 Бк/кг, для  $^{239+240}\text{Pu}$  – от 0,8 до 620 Бк/кг, при среднем значении 77 Бк/кг. Для примера среднее содержание техногенных радионуклидов северной территории СИП, которая считается условно чистой, составляет для  $^{241}\text{Am}$  ~1 Бк/кг, для  $^{239+240}\text{Pu}$  ~5 Бк/кг [5].

Для оценки характера загрязнения построена карта площадного распределения  $^{241}\text{Am}$  (рисунок 3).

Анализируя полученные данные, можно выделить 3 участка радиоактивного загрязнения: 1) южный; 2) центральный; 3) северный.

Основываясь на значениях удельной активности  $^{239+240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$  определено, что концентрация данных радионуклидов для 2 и 3 участков снижается с северо-запада на юго-восток, что свидетельствует в пользу предположения об атмосферных ядерных испытаниях на площадке «Опытное поле». В отношении 1 участка нет возможности определить полную картину, так как исследуемая территория не захватывает его целиком.

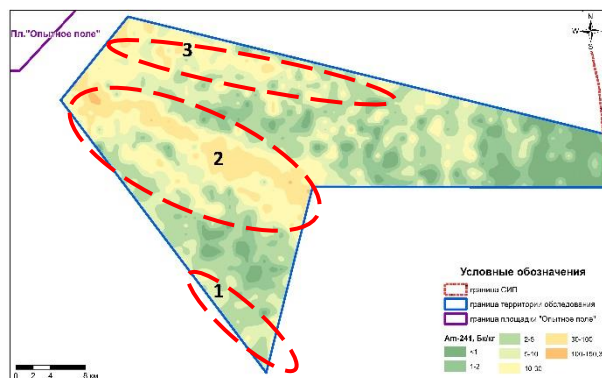


Рисунок 3. Характер площадного распределения  $^{241}\text{Am}$  в почве исследуемой территории

#### Характер площадного пространственного распределения радиоактивного загрязнения – $^{137}\text{Cs}$ и $^{90}\text{Sr}$

Диапазон значений удельной активности в почве составил: для  $^{137}\text{Cs}$  – от 0,6 до 300 Бк/кг, при среднем значении 22 Бк/кг, для  $^{90}\text{Sr}$  – от 8 до 310 Бк/кг, при среднем значении 36 Бк/кг. Для примера среднее содержание техногенных радионуклидов северной территории СИП, которая считается условно чистой, составляет для  $^{137}\text{Cs}$  ~18 Бк/кг, для  $^{90}\text{Sr}$  ~12 Бк/кг [5].

Для оценки характера площадного распределения продуктов деления ядерных испытаний построена карта площадного распределения  $^{137}\text{Cs}$  (рисунок 4).

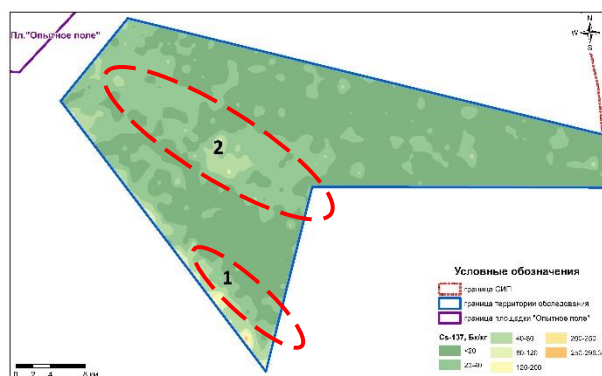


Рисунок 4. Характер площадного распределения  $^{137}\text{Cs}$  в почве исследуемой территории

Анализируя полученные данные, визуальное определяется 2 участка радиоактивных выпадений, которые совпадают с 1 и 2 участком по  $^{241}\text{Am}$ : 1) южный; 2) центральный.

Основываясь на значениях удельной активности  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  на 2 участке радиоактивных выпадений сложно установить направление движения радиоактивного облака, так как максимальная концентрация по обоим радионуклидам находится в центральной части участка следа. В отношении 1 участка максимальная концентрация по обоим радионуклидам регистрируется в южной части, но так как исследуемая территория не захватывает след целиком, нет возможности определить полную картину. Стоит от-

дельно отметить, что 2 участок имеет крайне небольшое содержание по  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ , иногда граничащее с концентрациями, соизмеримыми с фоном глобальных выпадений для СИП, а в случае 3 участка, установленного по  $^{239+240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$ , численные значения  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  и вовсе отсутствуют, что не совсем характерно для типичных атмосферных ядерных испытаний.

Резюмируя анализ данных по соотношениям  $^{239+240}\text{Pu}$  к  $^{241}\text{Am}$  и  $^{90}\text{Sr}$  к  $^{137}\text{Cs}$  можно сделать вывод, что все 3 участка радиоактивных выпадений, выявленные на исследуемой территории, относятся к разным ядерным испытаниям и вероятней всего вызваны атмосферными ядерными испытаниями на площадке «Опытное поле». Для 2 и 3 участков в пользу этого говорит то, что концентрация  $^{239+240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$  снижается с северо-запада на юго-восток. В отношении 1 участка можно сделать предположение о принадлежности данного радиоактивного загрязнения к испытаниям на «Опытное поле» в связи с тем, что при проецировании следа радиоактивных выпадений в юго-восточную сторону радиоактивное загрязнение проходит южнее площадки «Балапан», что исключает его принадлежность к испытаниям на данной площадке.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ядерные испытания в СССР. Цели. Общие характеристики. Организация ядерных испытаний. Первые ядерные испытания / состав ред. И. А. Андрюшин, В. В. Богдан, С. А. Зеленцев. - Т.1. - Саров: РФЯЦ – ВНИИЭФ.
2. Ядерные испытания СССР: Современное радиэкологическое состояние полигонов / под рук. Л.А. Логачева – М.: ИздАТ, 2002. – 652 с. – ISBN 5-86656-135-2.
3. Активность радионуклидов в объемных образцах. Методика измерений на гамма-спектрометрах с использованием программного обеспечения «SpectraLine». – Введ. 2004-08-26. – Рег. № KZ.07.00.00303-2004 – М.: РГП «Казахский институт метрологии», 2004.
4. Методика определения содержания искусственных радионуклидов плутония – (239+240), стронция – 90 в объектах окружающей среды (почвах, грунтах, донных отложениях и растениях) – Введ. 2010-12-01. – Рег. № 43151.4Б207/01.00294-2010 – М.: НПО ВНИИФТРИ.
5. Актуальные вопросы радиэкологии Казахстана. Выпуск 1. Издание 2. Радиэкологическое состояние «северной» части территории Семипалатинского испытательного полигона. Институт радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК / под рук. Лукашенко С. Н. – Павлодар: Дом печати, 2011. – 296 с. – ISBN 978 601 7112-38-7.

#### «БАЛАПАН» АЛАҢЫНЫҢ АУДАНЫНДАҒЫ АУМАҚТЫ РАДИАЦИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ

П.Е. Кривицкий, А.О. Айдарханов, М.А. Умаров, Е.В. Мустафина, М.Т. Абишева, М.Е. Скопченко  
 ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» филиалы, Курчатова, Қазақстан

Бұл мақалада, «Балапан» алаңының аумағында орналасқан, ауқымы 1005 км<sup>2</sup> болатын аумақты радиациялық зерттеу нәтижелері келтірілген. «Балапан» алаңына жақын жатқан аумақта бұдан бұрын өткізілген зерттеулер, топырақтың  $^{241}\text{Am}$  радиоактивті ластануының масштабын айқындайтын зерттеулерге негіз болады. Топырақтағы  $^{241}\text{Am}$  меншікті белсенділігі ~ 200 Бк/кг дейінгі мәнге жетеді.

Бұл аумақтағы зерттеулердің нәтижелерінен, соншалық масштабты ластануы, болжаммен «Тәжірибе даласы» алаңындағы атмосфералық сынақтардан туындаған радиоактивті түсу «іздерінің» пішіні бар екенін көрсетті. Аталған ластанудың ерекшелігі бөліну өнімдерінің кішігірім құрамы мен ядролық сынақтың белсендендірілуі болып табылады, ол ғаламдық түсулердің фонына тең, бұл жерүсті ядролық жарылыстардан түскен ядролық түсу «іздеріне» тән емес.

**Кілт сөздер:** Семей сынақ полигоны (ССП), «Балапан» алаңы,  $^{241}\text{Am}$ , алаңдық радиоактивті ластану.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Произведено радиационное обследование территории площадью 1005 км<sup>2</sup>, расположенной между площадками «Опытное поле» и «Балапан». По полученным данным можно отметить повышенные концентрации основных техногенных радионуклидов ( $^{241}\text{Am}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ) в почве исследуемой территории.

На обследуемой территории имеется как минимум 3 различных следа радиоактивных выпадений, предположительно образованные при проведении испытаний на площадке «Опытное поле»:

- 1) южный след;
- 2) центральный след;
- 3) северный след.

Установлено, что центральный след имеет крайне небольшое содержание по  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ , иногда граничащее с концентрациями, соизмеримыми с фоном глобальных выпадений для СИП. Северный след установлен только по  $^{239+240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$ , численные значения  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  отсутствуют, что не совсем характерно для типичных атмосферных ядерных испытаний. На южном следе регистрируются значимые концентрации по всем 4 радионуклидам.

RADIATION SURVEY IN THE VICINITY OF “BALAPAN” SITE

P.E. Krivitskiy, A.O. Aidarkhanov, M.A. Umarov, Ye.V. Mustafina, M.T. Abisheva, M.Ye. Skopchenko

*Branch “Institute of Radiation Safety and Ecology” RSE NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan*

The article provides results of the radiation survey of a 1005 km<sup>2</sup> area in the vicinity of “Balapan” site. Earlier research into the area adjacent to “Balapan” site served as a ground for the survey thereby revealing a large-scale area of soil contamination with <sup>241</sup>Am. <sup>241</sup>Am activity concentration in soil reaches values of ~200 Bq/kg.

The research result showed that such a large-scale contamination is shaped as fallout “plumes” presumably caused by atmospheric tests on the “Experimental Field” ground. A feature of this contamination is a low content of fission and nuclear activation products commensurable with the global fallout background, which is uncharacteristic of nuclear fallout “plumes” formed by aboveground nuclear tests.

**Keywords:** Semipalatinsk Test Site (STS), “Balapan” site, <sup>241</sup>Am, radioactive areal contamination.