

А.В. Липихина^{1*}, Г.М. Есильканов¹, Ю.Ю. Брайт¹,
Р. Харброн², Е.В. Остроумова², К.Н. Апсаликов¹

¹НИИ радиационной медицины и экологии НАО «Медицинский университет Семей», г. Семей, Казахстан

²Международное агентство по изучению рака / ВОЗ, г. Лион, Франция

*e-mail: a.v.lipixina@mail.ru

РЕТРОСПЕКТИВНАЯ РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА УРДЖАРСКОГО РАЙОНА ОБЛАСТИ АБАЙ

Атмосферные испытания, которые стали основной причиной радиоактивного загрязнения природной среды, на Семипалатинском испытательном ядерном полигоне были завершены в 1962 году. Китайская Народная Республика (КНР) проводила ядерные испытания в атмосфере с 1965 по 1980 годы. Населённые пункты Урджарского района области Абай расположены на удалении 600-700 км от Семипалатинского полигона и на расстоянии 900-1100 км от китайского полигона Лоб-Нор. Основным научным вопросом всего исследования является изучение вклада ионизирующей радиации в диапазоне малых доз в результате проведения ядерных испытаний на полигоне Лоб-Нор в формировании радиационной обстановки на территории южного региона области Абай. Важным аспектом научного исследования станет изучение влияния ядерных испытаний на полигоне Лоб-Нор (КНР) на население Казахстана. В данной статье представлены результаты анализа ранее неопубликованных архивных данных параметров радиационно-гигиенической обстановки на территории исследования. По содержанию радиоизотопов цезия-137 и стронция-90 в почве Урджарского района выделяются два пика, которые приходятся на июнь 1967 года и июль 1973 года и значительно превышают показатели 1963 года и средние по стране уровни загрязнения почв.

Ключевые слова: ядерный полигон, радиационная обстановка, радионуклиды, мощность дозы, содержание радионуклидов в почве.

A.V. Lipikhina^{1*}, G.M. Yesilkanov¹, Y.Y. Brait¹,
R. Harbron², E.V. Ostroumova², K.N. Apsalikov^{1*}

¹Research institute of radiation medicine and ecology of NCJSC «Semey Medical University», Semey, Kazakhstan

²International Agency for Research on Cancer / WHO, Lyon, France

*e-mail: a.v.lipixina@mail.ru

Retrospective radiation situation of the urdzhar district of the Abai region

Atmospheric tests, which became the main cause of radioactive pollution of the environment, at the Semipalatinsk nuclear test site were completed in 1962. The People's Republic of China (PRC) conducted nuclear tests in the atmosphere from 1965 to 1980. The settlements of the Urdzhar district of the Abai region are located at a distance of 600-700 km from the Semipalatinsk test site and at a distance of 900-1100 km from the Chinese Lob-Nor test site. The main scientific issue of the entire study is to assess the contribution of ionizing radiation at low dose range due to the Lob-Nor nuclear tests to the formation of the radiation situation in the southern part of the Abai region. An important aspect of the research will be to study the impact of nuclear tests at the Lob-Nor test site (PRC) on the population of Kazakhstan. The paper presents the analysis results of previously unpublished archival data on the parameters of radiation-hygienic situation in the study area. According to the content of radioisotopes, caesium-137 and strontium-90, in soil of Urdzhar district, two peaks are distinguished, which occurred in June 1967 and July 1973 and significantly exceed the indicators of 1963 and the national average levels of soil contamination.

Key words: nuclear test site, radiation situation, radionuclides, dose rate, radionuclide content in soil.

А.В. Липихина^{1*}, Г.М. Есильканов¹, Ю.Ю. Брайт¹,
Р. Харброн², Е.В. Остроумова², Қ.Н. Әпсалықов^{1*}

¹«Семей медицина университеті» КеАҚ радиациялық медицина және экология ҒЗИ, Семей қ., Қазақстан

² Халықаралық қатерлі ісіктерді зерттеу агенттігі / ДДҰ, Лион қ., Франция

*e-mail: a.v.lipixina@mail.ru

Абай облысы үржар ауданының ретроспективті радиациялық жағдайы

Семей ядролық сынақ полигонында табиғи ортаның радиоактивті ластануының негізгі себебі болған атмосфералық сынақтар 1962 жылы аяқталды. Қытай Халық Республикасы (ҚХР) 1965 жылдан 1980 жылға дейін атмосферада ядролық сынақтар жүргізді. Абай облысы Үржар ауданының елді мекендері Семей полигонынан 600-700 км қашықтықта және қытай полигонынан 900-1100 км қашықтықта орналасқан. Бүкіл зерттеудің негізгі ғылыми мәселесі Абай облысының оңтүстік өңірінің аумағында радиациялық жағдайды қалыптастыруға Лоб-Нор полигонында ядролық сынақтар жүргізу нәтижесінде аз дозалар диапазонында иондаушы сәулеленудің үлесін зерделеу болып табылады. Ғылыми зерттеудің маңызды аспектісі Лоб-Нор полигонындағы (ҚХР) ядролық сынақтардың Қазақстан халқына әсерін зерттеу болады. Бұл мақалада зерттеу аумағындағы радиациялық-гигиеналық жағдай параметрлерінің бұрын жарияланбаған мұрағаттық деректерін талдау нәтижелері келтірілген. Үржар ауданының топырағында цезий-137 және стронций-90 радиоизотоптарының құрамы бойынша 1967 жылдың маусымы мен 1973 жылдың шілдесіне сәйкес келетін және 1963 жылғы көрсеткіштерден және топырақтың орташа ластану деңгейінен едәуір асатын екі шыңды бөліп көрсетуге болады.

Түйін сөздер: ядролық полигон, радиациялық жағдай, радионуклидтер, доза қуаты, топырақтағы радионуклидтердің құрамы.

Введение

Современная территория Урджарского района области Абай в 1960-1990 гг. по административному делению территории Казахстана относилась к Семипалатинской области и включала в себя три района: Урджарский, Маканчинский и Таскескенский. Административные центры этих районов, села Урджар, Маканчи и Таскескен, являются сегодня самыми крупными населёнными пунктами Урджарского района.

Населённые пункты Урджарского района расположены на удалении 600-700 км от Семипалатинского испытательного ядерного полигона (СИЯП) и на расстоянии 900-1100 км от китайского полигона Лоб-Нор [1,2]. Атмосферные испытания, которые стали основной причиной радиоактивного загрязнения природной среды [3], на Семипалатинском полигоне были завершены в 1962 году. Китайская Народная Республика (КНР) проводила ядерные испытания в атмосфере с 1965 по 1980 годы [4].

Учитывая, что южные районы Семипалатинского региона не попали в ареал воздействия локальных радиоактивных осадков в результате ядерных взрывов, проведенных на СИЯП, а население получило очень малые дозы облучения, до 1987 года исследования на этих территориях проводились эпизодически. Результаты этих исследований не выявили радиационно-индуцированных эффектов для здоровья населения.

Однако в период с 1987 по 1996 гг. эпидемиологами и клиницистами Научно-исследовательского института радиационной медицины и экологии (НИИ РМиЭ) отмечено существенное увеличение онкозаболеваемости и онкосмертности среди населения Маканчинского, Урджарского и Таскескенского районов. Увеличение показателей было получено для смертности от всех злокачественных новообразований, а также для отдельных локализаций рака, таких как рак легких и рак молочной железы [5].

В 2000-2001 гг. японские исследователи [6] изучали содержание цезия-137 (Cs-137) и изотопов плутония (Pu) на территории Казахстана на казахстанско-китайской границе, не связывая полученные результаты с воздействием ядерных испытаний ни на СИЯП, ни на Лоб-Нор, рекомендуя использовать полученные результаты для оценки доз облучения населения.

В 2011 году проводилась совместная работа ученых Казахстана, России и Японии по оценке доз населения юго-восточной части Семипалатинской области методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) [7], результаты которой показывают превышение доз над результатами контрольного района, но вывод о влиянии ядерных испытаний на полигоне Лоб-Нор на население Семипалатинского региона нет.

В 2020 году опубликована работа казахстанских исследователей [1], в которой приведен

анализ сейсмических событий в районе полигона Лоб-Нор.

Вполне вероятно проводились и другие исследования по данному вопросу, но по ряду причин, не зависящих от научного сообщества, результаты таких исследований не публиковались. Так, в архиве НИИ РМиЭ (в 1954-1991 гг. закрытое учреждение – Диспансер №4 МЗ СССР) хранятся данные результатов исследований 1960-1990 годов радиационно-гигиенической обстановки на территориях южного региона области Абай, в частности на территориях Урджарского, Маканчинского и Таскескенского районов бывшей Семипалатинской области [2, 8-11].

Архивные данные позволяют провести ретроспективную оценку радиационной ситуации на территории Урджарского района области Абай за период 1963-1998 годов, а значит позволят получить информацию о радиационной обстановке в регионе в период проведения ядерных взрывов на полигоне Лоб-Нор (1965-1980 гг.), определить основные дозообразующие взрывы и рассчитать дозы облучения, полученные населением, что позволит оценить степень влияния взрывов, проведенных на полигоне Лоб-Нор, на население Казахстана. Влияние китайского ядерного полигона Лоб-Нор на приграничные районы Казахстана может иметь несколько аспектов. Одним из основных факторов является радиационная безопасность и возможные последствия радиационного загрязнения воздуха, почвы и водных ресурсов. Архивные

исследования, включающие исторические документы, отчеты и исследования, связанные с радиационным влиянием, могут предоставить ценную информацию о прошлых происшествиях, авариях или ядерных испытаниях. Эти записи могут помочь понять исторический контекст и служить основой для оценки долгосрочных последствий радиационного загрязнения изучаемой территории.

Материалы и методы

Основной научный вопрос всего исследования – изучение вклада ионизирующей радиации в диапазоне малых доз в результате проведения ядерных испытаний на полигоне Лоб-Нор в формирование радиационной обстановки на территории южного региона области Абай. Важным аспектом данного научного исследования является изучение влияния ядерных испытаний в КНР на население Казахстана.

Для решения вышеперечисленных научных задач проведен аналитический анализ ретроспективных материалов – архивных данных параметров радиационно-гигиенической обстановки на территории южного региона области Абай, которые ранее были собраны исследовательской группой и внесены в созданные базы данных «Содержание радиоактивных элементов в почве» и «Мощность экспозиционной дозы».

Количество архивных данных, вошедших в аналитическую обработку, представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Количество архивных данных, вошедших в аналитическую обработку, единиц/записей

Территория исследования	Измерения МЭД	Пробы почвы	Измерения содержания радиоактивных элементов в почве
Маканчи село	12	41	161
Маканчинский район	-	21	71
Таскескен село	12	46	173
Таскескенский район	-	11	32
Урджар село	12	46	173
Урджарский район	-	11	31
Всего	36	176	641

Пробы почвы проходили обработку и измерения в физико-химических лабораториях НИИ РМиЭ (ранее – Диспансер №4).

Методика отбора проб поверхностного слоя почвы

Место отбора проб почвы в населённом пункте выбиралось по результатам дозиметрических исследований с помощью дозиметра ДРГ-01-Т. Очень важным критерием являлось отсутствие видимых следов хозяйственной деятельности человека (вспашка земли, строительство, свалка отходов). С места отбора пробы почвы убирался растительный покров земли, а также крупные и острые камни. После проведения замеров мощности дозы на открытой местности отбиралась проба почвы. Для унификации пробоотбора использовалась пробоотборная лопатка размером 100x100x10 мм. Вес каждой пробы составлял не менее трёх килограмм.

Отбор проб методом шурфирования

С наветренной стороны копалась траншея размером 60x150 см. Глубина ее определялась предполагаемой глубиной отбора шурфа с небольшим превышением (для шурфа глубиной 100 см копалась траншея глубиной 110 см). Проведя подготовительную работу, приступали к непосредственному отбору проб почвы. Он производился, начиная с верхнего слоя, с выбранным шагом отбора. Каждая проба упаковывалась в отдельный, приготовленный и промаркированный пакет. В проведенной работе шаг отбора был выбран 5 см до слоя 10 см, далее до глубины 100 см – шаг отбора принимался равным 10 см. Вес каждой пробы составлял не менее трех килограмм.

Методика приготовления препаратов

Доставленные в лабораторию пробы почвы квартовались, высушивались при температуре 60-80°C. Из них удалялись инородные тела, остатки растительности. Проба просеивалась через сито с ячейками диаметром 3,25 мм. Для гамма-спектрометрических измерений препараты упаковывались в сосуды Маринелли. Масса препаратов составляла 1,8-2,5 кг. Для радиохимического анализа пробы почвы массой 80-100 грозялись при температуре 400-450°C.

Исследования в радиометрической и гамма-спектрометрической лабораториях

Определение суммарной бета-активности препаратов проводилось относительным методом на бета-радиометрах типа Б-2 с торцовым счетчиком МСТ-17 или СБТ-10. До 1973 года калибровка бета-радиометров проводилась эталоном Sr-90+Y-90 в равновесном состоянии.

Средняя энергия препаратов почвы не учитывалась, поэтому данные по суммарной бета-активности можно использовать как относительные, допускающие занижение или завышение результатов, в случае, если средняя энергия препаратов отличалась от средней энергии калибровочного эталона. В последующий период калибровка бета-радиометров проводилась набором радионуклидов (углерод-14, таллий-204, калий-40, стронций-90+иттрий-90, иттрий-90), имеющих диапазон средних энергий от 0,05 до 0,9 МэВ. Средняя энергия измеряемых препаратов определялась экспериментально методом поглощающих алюминиевых экранов. Препараты почвы измерялись в алюминиевых подложках (мишенях) диаметром 32 мм и высотой 6 мм. Активность препаратов рассчитывалась по известным формулам. Средняя относительная ошибка измерений препаратов почвы при скорости счета 2-7 имп/мин составляла 30-80%.

Радионуклидный состав проб почвы определялся на сцинтилляционных гамма-спектрометрических установках, детекторами которых являлись сцинтиллы с кристаллами NaI(Tl), размером 63x63 и разрешением по Cs-137 не хуже 10% и анализаторами типа АИ-128-3 и АИ-256-6.

Для определения содержания радионуклидов с 1991 года препараты измерялись на двух комплексах, в состав которых входили:

- детекторы германиевые диффузно-дрейфовые ДГДК-50Б-3 и ДГДК-63-В с защитой из свинца толщиной 100 мм,
- анализаторы импульсов многоканальные амплитудные АИ-1024-95-17м,
- персональные компьютеры ЕС-1841-11, IBM PC,
- программа обработки гамма-спектров BaltiSpektр 3.02 и ППД-93.

Измерения проводились по «живому» времени в интервале 3,5-5,5 часа.

Чувствительность применяемого метода по отдельным линиям составляет для геометрии сосуда Маринелли (пробы почвы):

- для энергии 186.1 кэВ0.301 * 0.136 Бк/кг,
- для энергии 661.662 кэВ0.257 * 0.249 Бк/кг,
- для энергии 1460.75 кэВ20.156 * 6.047 Бк/кг.

Энергетическая градуировка спектрометра и снятие кривой эффективности регистрации гамма-квантов по пику полного поглощения проводилась с помощью набора образцовых излуча-

телей ОСГИ по 10 энергетическим линиям (для иттрия-88 – 1836 и 898 кэВ, кобальта-60 – 1332 и 1173 кэВ, натрия-22 – 1275 и 511 кэВ, цинка-65 – 1115 кэВ, марганца-54 – 834 кэВ, цезия-137 – 661 кэВ, олова-113 – 391 кэВ, церия-139 – 166 кэВ, кобальта-57 – 122 кэВ, америция-241 – 59,5кэВ). Для идентификации радионуклидов проводились повторные измерения проб. В расчетные формулы по определению удельной активности гамма-излучающих радионуклидов, помимо квантовых выходов, входят величины эффективности гамма-спектрометра по регистрируемым гамма-квантам, поправки на конфигурацию измеряемого образца и на массу измеряемого препарата.

Исследования в радиохимической лаборатории.

Доставленные в лабораторию пробы озолялись при температуре 450°С. Для определения содержания стронция-90(Sr-90) озолненные пробы почвы массой 80-100 гр. переводились в раствор с помощью азотной кислоты.

Sr-90 определялся методом осаждения карбонатов с носителем стабильного стронция из азотнокислой вытяжки золы почвы. До осаждения карбонатов проводили очистку стронция от мешающих примесей. Сопутствующие радиоактивные элементы отделялись соосаждением.

Карбонаты стронция растворяли в минимальном количестве азотной кислоты, вносили носитель иттрия и раствор оставляли на 14 дней для накопления. После установления радиохимического равновесия между стронцием-90 и иттрием-90, готовили препарат гидроокиси иттрия-90 для измерения его активности на бета-радиометрической установке. Активность Sr-90 рассчитывалась по активности иттрия-90.

Измерения проводились на радиометрических установках, в состав которых входили:

- детектор бета-частиц со счетчиком СБТ-10 с защитой из свинца толщиной 50 мм,
- пересчетный прибор ПСО2-4,
- комплект сопутствующей электронно-физической аппаратуры.

Измерения проводились в интервале 1,0-1,5 часа.

Чувствительность применяемого метода составляет 0,05 Бк/кг.

Ошибка метода – 27,27 %.

Инструментальные исследования на загрязненной территории

При проведении исследовательских работ проводилась гамма-съемка территории путем

измерения мощности экспозиционной дозы на местности. Для этих целей использовался дозиметр ДРГ-01Т.

В точках отбора проб определялся уровень глубинной миграции радиоактивного следа. Для этого через каждые пять сантиметров проводилось измерение поверхностного загрязнения почвы путем определения плотности потока альфа- и бета-частиц. При этом применялся радиометр КС-01Р-01 со сменными датчиками. При измерении альфа-частиц использовался блок детектирования БДКА-01Р. В каждой точке проводилось 10 измерений с экспозицией по 100 секунд. При измерении бета-частиц применялся блок детектирования БДКБ-01Р с крышкой-фильтром, позволяющей производить измерение потока бета-частиц при наличии фонового гамма-излучения. При этом при закрытой крышке измеряется гамма-излучение, при открытой – гамма+бета-излучение. По разнице этих двух величин рассчитывается бета-излучение. В каждой точке проводилось 10 измерений с экспозицией по 10 секунд.

Результаты и обсуждение

Мощность экспозиционной дозы (МЭД) – один из основных радиационных параметров, по значению которого оценивается радиологическая обстановка на местности, в частности степень радиационного загрязнения окружающей среды [12]. Также значение МЭД на местности после проведения ядерного испытания является одним из входных параметров при расчётном методе оценки дозовых нагрузок населения от внешнего воздействия ионизирующей радиации [13].

В архивных материалах за период 1966-1981 гг. есть значения МЭД для территории сел Маканчи, Таскескен, Урджар на момент проведения на полигоне Лоб-Норкаждого из 12 ядерных взрывов, которые, с учётом метеорологических условий в день проведения испытаний, могли оказать влияние на территории южного региона области Абай. Все значения МЭД – расчётные значения на 24 часа после проведения ядерного испытания, полученные по эмпирическим моделям на основании параметров ядерного взрыва. Значения МЭД находятся в широких пределах. Большинство значений МЭД составляют десятые доли мР/ч. Значимые для дальнейшей оценки доз облучения населения значения МЭД приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Мощность экспозиционной дозы на открытой местности на 24 часа после ядерного испытаний, мР/ч

Дата взрыва	Маканчи	Урджар	Таскескен
17.06.1967	48,5	41,2	36,1
27.06.1973	74,0	70,1	59,0
17.11.1976	93,6	84,0	70,4
16.10.1980	35,0	31,5	26,5

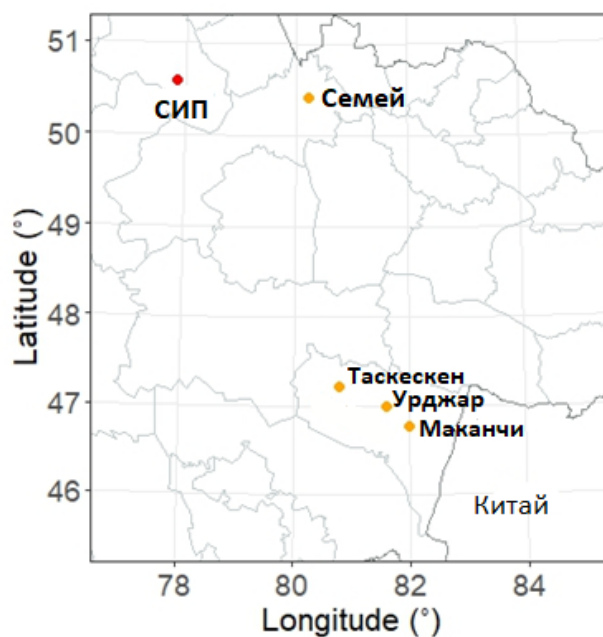
В целях ретроспективного анализа содержания радионуклидов в почве Урджарского района области Абай, в частности наиболее важных долгоживущих радионуклидов Cs-137 и Sr-90, из общего объёма архивных данных были выделены три точки, в которых вёлся мониторинг радиоактивности почв в Урджарском районе (таблица 3).

Карта-схема расположения мониторинговых точек Урджарского района представлена на рисунке 1.

Необходимо отметить, что значения содержания Cs-137 в почве после проведения ядерного взрыва являются основой для современных расчётных методик оценки доз внешнего облучения населения [14,15].

Таблица 3 – Координаты мониторинговых точек Урджарского района

Административная единица	Точка мониторинга	Координаты
Маканчинский сельский округ	Маканчи	46°47'26'', 82°01'06''
Урджарский сельский округ	Урджар	47°05'16'', 81°37'47''
Таскескенский сельский округ	Таскескен	47°13'23'', 80°47'20''
Мониторинговые даты: 1963, 01.04.1967, 25.06.1967, 10.04.1972, 10.07.1973, 30.09.1976, 30.09.1977, 20.03.1978, 16.11.1981, апрель-май 1998		

**Рисунок 1** – Мониторинговые точки радиоактивности почв Урджарского района.

Содержание радионуклидов Cs-137 и Sr-90 в почве мониторинговых точек представлено на рисунке 2.

Значения содержания радионуклидов в разных точках мониторинга на одну и ту же дату исследования близки друг другу.

В 1963 г. концентрация Sr-90 в поверхностном слое почвы (0-1 см) сел Маканчи, Урджар и Таскескен лежит в диапазоне 30-34 Бк/кг, концентрация Cs-137 – 44-68 Бк/кг. Данные значения характеризуют содержание радиоактивных элементов в почве исследуемой территории после прекращения атмосферных ядерных испытаний на СИЯП и до начала проведения атмосферных ядерных испытаний на полигоне Лоб-Нор в КНР.

В период 1965-1980 гг. пробы почвы в мониторинговых точках также отбирались на глубину до 1 см в целях оценки «свежих» выпадений радиоактивных изотопов после проведения ядерных испытаний на полигоне Лоб-Нор.

На рисунке 2 видно наличие двух пиков радиоактивности цезия и стронция. Первый пик приходится на дату мониторинга 25.06.1967 г., второй – 10.07.1973 г. Таким образом, основная часть загрязнения территорий южного региона области Абай произошла в результате испытаний, проведенных на полигоне Лоб-Нор 17.06.1967 г. и 27.06.1973 г.

17 июня 1967 года в КНР было проведено ядерное испытание мегатонной мощности с уровнем энерговыделения до 3,3 Мт (по разным источникам от 0,4 до 3,3 Мт) на башне высотой 100-150 м. Через восемь дней после взрыва в населённых пунктах Маканчи, Урджар и Таскескен отбирались пробы почвы. Эти пробы выявили наличие короткоживущих продуктов деления, значительно превышающих «фоновые» уровни в Казахстане. На основе пяти проб на каждую точку средняя общая активность поверхности почвы в слое 0-1 см составила $1,38 \cdot 10^6$, $1,09 \cdot 10^6$ и $1,02 \cdot 10^6$ Бк/кг для Маканчи, Урджара и Таскескена соответственно, уменьшаясь, таким образом, с увеличением расстояния от границы с Китаем. Большая часть этой активности приходилась на I-131, Sr-89, Zr-95, Te-132 и Ba-140. Активности Cs-137 и Sr-90 составляли 4000-5000 Бк/кг. Содержание радиоактивных изотопов Cs-137 и Sr-90 в почве южного региона области Абай превышало средний уровень загрязнения почв СССР в 1967 году примерно в 20 раз, и на два порядка превышало показатели 1963 года.

Радиационная обстановка на исследуемых территориях в 1973 году могла быть обусловлена проведенным 27 июня 1973 года в КНР тер-

моядерным взрывом мощностью 2-3 Мт. Термоядерный заряд был сброшен с самолёта на высоте 1000-1500 м. Отбор проб почвы на территории исследуемых сел проводился 10.07.1973 г. через 13 дней после испытания. Средняя суммарная активность для почвы составила $1,85 \cdot 10^7$, $1,63 \cdot 10^7$ и $1,51 \cdot 10^7$ Бк/кг в Маканчи, Урджаре и Таскескене соответственно. Активности Cs-137 и Sr-90 составляли 5000-6000 Бк/кг. Результаты лабораторных измерений показали также наличие «свежих» продуктов деления Sr-89, Zr-95, Ba-140 и радиоактивных изотопов йода. Накопление на почве Zr-95+Nb-95 является, наиболее чувствительным показателем для установления новых поступлений продуктов ядерных взрывов из атмосферы. Имея периоды полураспада 65 и 35 дней соответственно, они могут быть определены достаточно точно и, в то же время, после прекращения атмосферных радиоактивных выпадений запас этих изотопов в почве убывает сравнительно быстро. Среднее по СССР значение содержания накопленного в почве Zr-95 после китайского ядерного испытания 27 июня 1973 г. составляло 148 Бк/м². В селе Таскескен, наиболее удалённом от полигона Лоб-Нор, его содержание на июль 1973 года составило 657 432 Бк/м².

После ядерных испытаний 17.11.1976 г. и 16.10.1980 г., для которых были определены высокие значения МЭД (таблица 2), отбор проб почвы Урджарского района области Абай не проводился. Для всех остальных мониторинговых дат активность образцов почвы была на один-два порядка ниже, чем после тестов 17.06.1967 г. и 27.06.1973 г., при этом общая активность составляла около 5000-9000 Бк/кг, активность Cs-137 и Sr-90 составляла около 30-70 Бк/кг.

В 1998 году отбирались пробы почвы до глубины 100 см для определения глубинной миграции радиоактивных элементов (рисунок 3).

В почве сел Маканчи и Урджар максимальное содержание Sr-90 и Cs-137 определено в слое 0-40 см. При относительно равномерном распределении долгоживущих продуктов деления в нижних слоях отмечено накопление Sr-90 в слое 50-70 см, Cs-137 – в слое 50-60 см. Превышение суммарного запаса Sr-90 над Cs-137 составляет 1,12-1,13 раза. Их миграция не заканчивается на глубине 100 см. Результаты измерения проб почвы шурфа в селе Таскескен несколько отличаются от результатов в других населённых пунктах. 81,5% Sr-90 сосредоточено в слое почвы 0-50 см. Начиная с 50 см, наблюдается его равномерное распределение по глубине. При-

мерно половина Cs-137 (55,8%) лежит в слое 0-20 см, глубже распределение цезия по слоям практически равномерно. Однако миграция долгоживущих радиоактивных изотопов вероятно не заканчивается на глубине 100 см. Если на глу-

бине почвы от 5 до 50 см удельная активность Sr-90 по слоям выше, то в более низких слоях наблюдается некоторое превышение удельной активности Cs-137. Превышение суммарного запаса Sr-90 над Cs-137 составляет 1,25 раза.

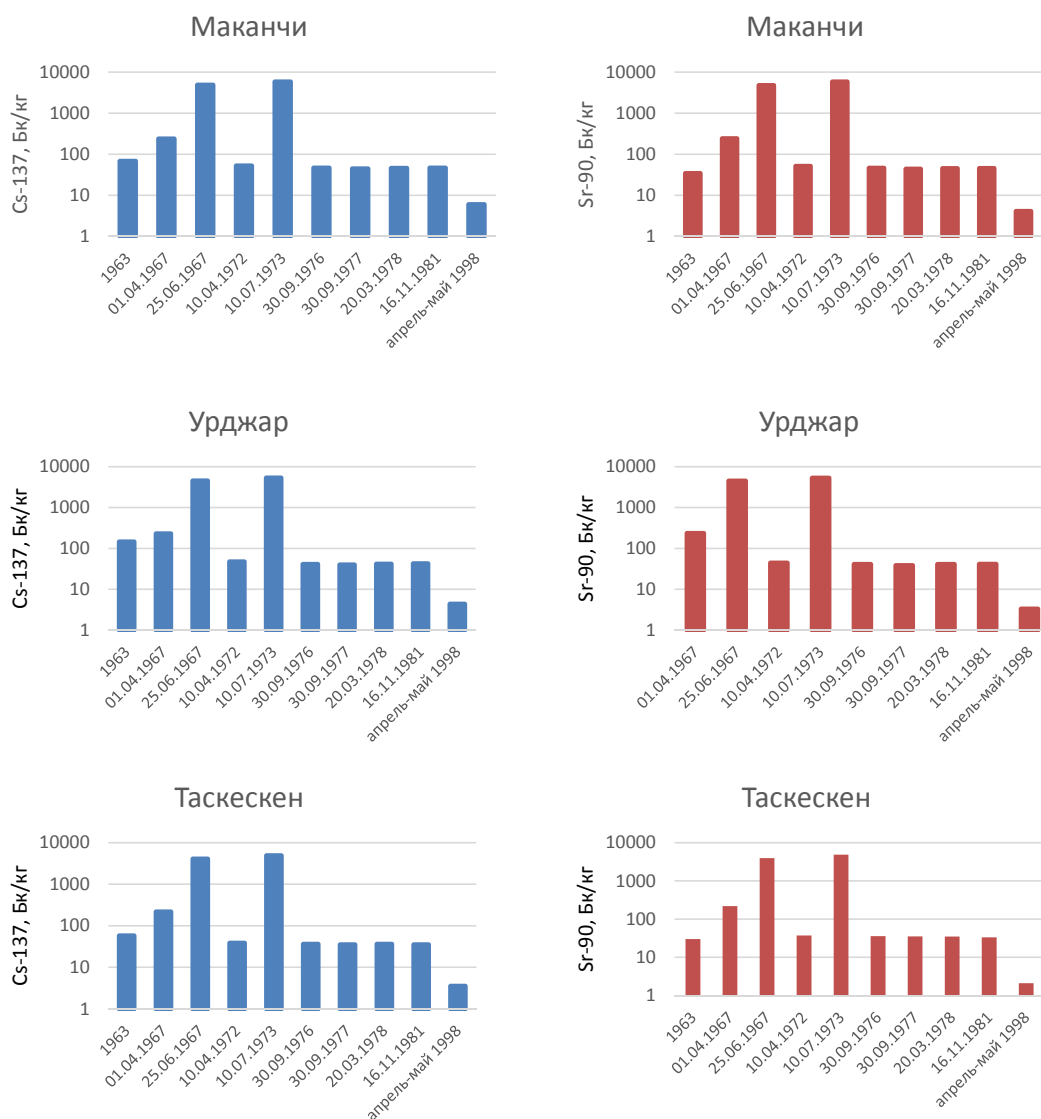


Рисунок 2 – Динамика содержания Cs-137 и Sr-90 (Бк/кг) в почве Урджарского района в период с 1963 по 1998 гг.

Результаты современных исследований содержания Cs-137 и Pu-238,239 в почве, проводимых как на казахстанских, так и китайских территориях, подвергшихся радиационному воздействию в результате деятельности полигона Лоб-Нор, показывают [6, 16-22]:

Содержание Cs-137 в почве находится в пределах 1000-3000 Бк/м². Эти значения такие

же или ниже, чем содержание Cs-137 от глобальных осадков в Японии (6000-7000 Бк/м² для побережья Японского моря и 3000-4000 Бк/м² для побережья Тихого океана), содержание для почв Семипалатинского региона определенное другими исследованиями (1850-18500 Бк/м²), а также указанное в архивных данных (100-40000 Бк/м²).

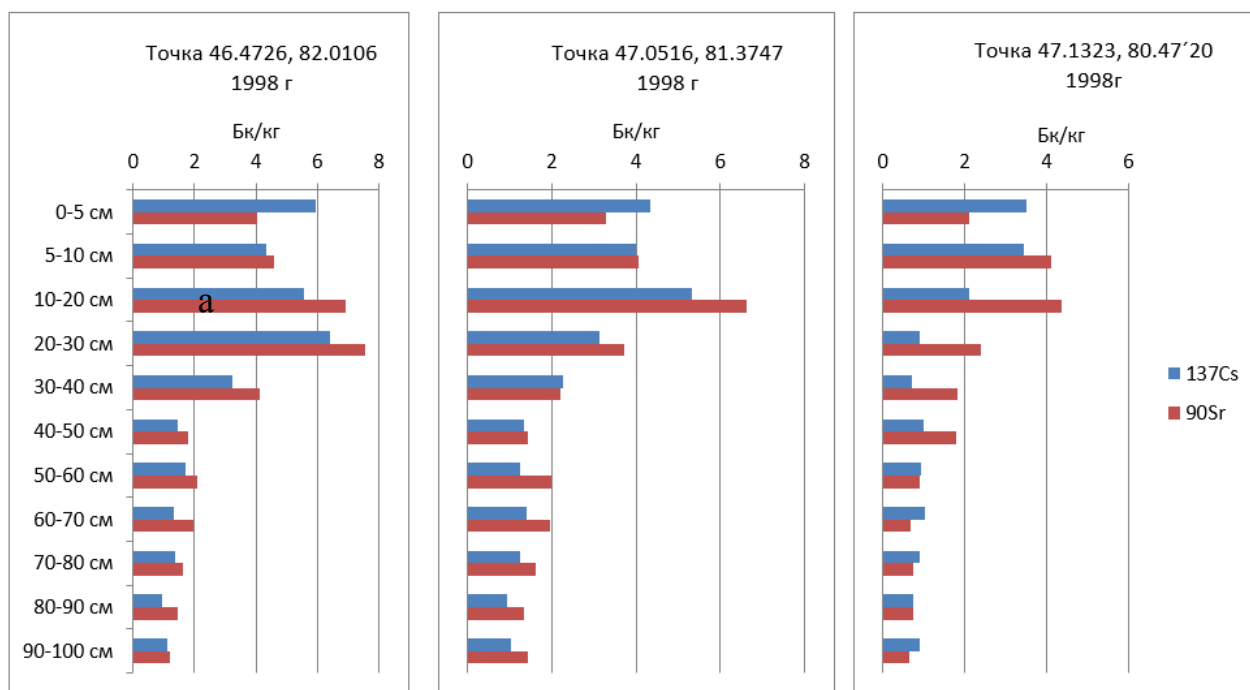


Рисунок 3 – Особенности вертикального распределения ^{137}Cs и ^{90}Sr в почве на территории
 а) Маканчинского сельского округа, б) Урджарского сельского округа,
 в) Таскескенского сельского округа на 1998 год

Содержание Pu-239,240 зарегистрировано в пределах 28-677 Бк/м², что на отдельных локальных участках выше, чем содержание, наблюдаемое в Японии (40-120 Бк/м²), и средний предполагаемый уровень глобальных выпадений в Семипалатинском регионе (50 Бк/м²).

Для окончательного заключения о возможном влиянии проведенных на полигоне Лоб-Нор атмосферных ядерных испытаний на территорию и население Казахстана в настоящее время ведутся работы по оценке содержания радиоактивных элементов в объектах окружающей среды доз облучения населения Урджарского района области Абай. Учитывая неоднозначность, а порой и отсутствие, ретроспективных данных, которые должны быть использованы в качестве входных параметров при оценке доз облучения населения, необходим комплексный подход к решению поставленной задачи. Так, например, верифицировать значения параметров ядерных испытаний, проведенных более 40 лет назад, можно путем исследования в настоящее время донных отложений на территории южного региона области Абай [23]. Достоверная оценка накопленной дозы внешнего облучения населения возможна при использовании комплекса хорошо зарекомендованных в мировой

практике методов оценки доз. Среди них метод термолюминесцентной дозиметрии определения поглощенной дозы внешнего гамма-облучения по термолюминесценции кварца строительной керамики, метод электронного парамагнитного резонанса для определения дозы облучения по зубной эмали человека, расчётный метод оценки доз внешнего облучения по уровню содержания Cs-137 в почве [24-25].

Заключение

В целях оценки влияния атмосферных ядерных испытаний, проведенных на полигоне Лоб-Нор, на территорию и население Республики Казахстан выполнен анализ архивных материалов и данных научных публикаций о радиационной обстановке в Урджарском районе области Абай.

По значениям МЭД на 24 часа после ядерного испытания (в диапазоне 26,5 – 93,6 мР/ч) выделяются ядерные взрывы, проведенные 17 июня 1967 г., 27 июня 1973 г., 17 ноября 1976 г. и 16 октября 1980 г.

Аналитический анализ динамики содержания радионуклидов в почве Урджарского района в период 1963-2000 гг. показал, что в 1963 году после прекращения атмосферных ядерных ис-

пытаний на СИЯП концентрация Sr-90 и Cs-137 в поверхностном слое почвы находится в диапазоне 30-34 Бк/кг и 44-68 Бк/кг соответственно.

Проведённый анализ позволил выделить два пика радиоактивности цезия и стронция в почве исследуемого региона. Первый пик приходится на дату мониторинга 25 июня 1967 г., второй – 10 июля 1973 г. Содержание радиоактивных изотопов в почве в десятки-сотни раз превышало аналогичные показатели 1963 года в изучаемом регионе, а также средний уровень загрязнения почв СССР на год исследования. Повышение радиоактивности в почве территорий Урджарского района области Абай коррелирует с ядерными испытаниями, проведёнными на полигоне Лоб-Нор 17 июня 1967 г. и 27 июня 1973 г.

Радиоактивность почвы в мониторинговых точках падает в зависимости от удаления от границы с Китаем. Наибольшее радиоактивное загрязнение установлено в почвах села Маканчи и Маканчинского сельского округа. Наименее радиоактивно загрязненными были почвы Таскескенского сельского округа, включая село Таскескен.

Анализ вертикального распределения радионуклидов Cs-137 и Sr-90 в почве исследуемых территорий показал, что наибольшее содержание радионуклидов в 1998 году находилось в слое до 30 см.

Продолжаются работы, направленные на оценку современной радиационной обстановки Урджарского района области Абай и на оценку доз облучения, которые могли получить жители в результате проведения ядерных испытаний на полигоне Лоб-Нор.

Источник финансирования

Работа выполняется в рамках Договора на грантовое финансирование научных стартап проектов научно-педагогических кадров НАО «Медицинский университет Семей» на 2022-2025 гг. (Договор №378 от 12 сентября 2022 г.) на базе Научно-исследовательского института радиационной медицины и экологии НАО «Медицинский университет Семей».

Уведомление

Если авторы указаны как сотрудники Международного агентства по изучению рака / Всемирной организации здравоохранения, только авторы несут ответственность за взгляды, выраженные в этой статье, и они не обязательно отражают решения, политику или взгляды Международного агентства по изучению рака / Всемирной организации здравоохранения.

Литература

1. Соколова И.Н. Современный мониторинг сейсмических событий из района испытательного полигона Лобнор по данным сети ИГИ РК / И.Н. Соколова, А.Е. Великанов // Вестник НЯЦ РК. – 2020. – 3. – С. 24-31.
2. Радиационно-гигиеническая обстановка, сформированная в Маканчинском, Урджарском и Таскескенском районах Семипалатинской области. Ретроспективная оценка за 1964 – 1998 годы: этапный отчет / Каз. НИИ радиационной медицины и экологии; Б.И. Гусев; Н.Н. Куракина. – Семипалатинск, 1998. – 62 с.
3. Логачев В.А. Радиологические последствия проведения ядерных испытаний на полигонах мира / В.А. Логачев, Л.А. Логачева // Вестник НЯЦ РК. – 2003. – 3. – С. 7-17.
4. Inaba J. Dose Reconstruction for Residents Near the Former Semipalatinsk Nuclear Test Sites with a Focus on the Study of Radiation Health Effects / Inaba J., Ishida JI, Hirota S, Yoshinaga S, Kusumi S, Baigazinov Z, Berezhina MV, Kenzhina GT, Be-rezin SA, Ogiu T. // Japanese Journal of Health Physics. 2020;55(4):250-256.
5. Cancer Mortality in Populations in Kazakhstan Subjected to Irradiation from Nuclear Weapons Testing in China: Technical Report / Department of Defense USA. – 2008. – 138 p.
6. Yamamoto M. Current levels and distribution of ¹³⁷Cs and Pu isotopes in soil on the Kazakhstan territory of the Kazakhstan-Chinese border: Semipalatinsk and Lob Nor nuclear test sites detonation / M. Yamamoto, M. Hoshi, J. Takada, A. Sakaguchi, K.N. Apsalikhov, B.I. Gusev. // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 2004;261(3):533-545.
7. Zhumadilov K. The influence of the lop nor nuclear weapons test base to the population of the republic of Kazakhstan / Zhumadilov K., Hoshi M., Ivannikov A., Stepanenko V., Zharlyganova D., Zhumadilov Z., Apsalikhov K., Toyoda S., Endo S., Tanaka K., Miyazawa C., Okamoto T. // Radiation Measurements. 2011;46(4):425-429.
8. Радиологическая карта Семипалатинской области (Данные на 1963 год): отчет о НИР, Диспансер №4 МЗ СССР. – Семипалатинск, 1963. – 14 с.
9. Работа по плановым темам №№1,8 за 1966 год: отчет / предприятие п/я В-8375; рук. С.И. Маковой. – Семипалатинск, 1967. – 275 с.
10. Расчет доз внешнего облучения населения на территориях Маканчинского и Урджарского районов Семипалатинской области, сформированном в результате испытаний ядерного оружия в КНР: этапный отчет / К.И. Гордеев, Н.Н. Куракина. – Семипалатинск, 1982. – 10 с.

11. Параметры радиационно-гигиенической обстановки на территориях Маканчинского и Урджарского районов Семипалатинской области: этапный отчет, Радиологический диспансер МЗ СССР / К.И. Гордеев, Н.Н. Куракина. – Семипалатинск, 1990 – 16 с.
12. Санитарные правила «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности». Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 15 декабря 2020 года № ҚР ДСМ-275/2020.
13. Simon S.L. Dose estimation for exposure to radioactive fallout from nuclear detonations / Simon S.L., Bouville A., Beck H.L., Anspaugh L.R., Thiessen K.M., Hoffman F.O., Shinkarev S // Health physics. 2022;122(1): p. 1-20.
14. André Bouville. A methodology for estimating external doses to individuals and populations exposed to radioactive fallout from nuclear detonations. / André Bouville, Harold L. Beck Lynn R. Anspaugh, Konstantin Gordeev, Sergey Shinkarev, Kathleen M. Thiessen, F. Owen Hoffman, Steven L. Simon // HealthPhys. 2022;122:p.54 – 83.
15. Harold L. A method for estimating the deposition density of fallout on the ground and on vegetation from a low-yield, low-altitude nuclear detonation./ Harold L. Beck, André Bouville, Steven L. Simon, Lynn R. Anspaugh, Kathleen M. Thiessen, Sergey Shinkarev, Konstantin Gordeev // Health Phys. 2022;122:p. 21 – 53.
16. Feng D. Distribution of plutonium isotopes in soils between two nuclear test sites: Semipalatinsk and Lop Nor. / Feng D, Yang F, Wang X, Zhou X, Liu Z, Liao H // Journal of Environmental Radioactivity. 2022;242:106792
17. Zhao X, Qiao J, Hou X. Plutonium isotopes in Northern Xinjiang, China: Level, distribution, sources and their contributions. Environmental Pollution. 2020; 265:114929.
18. Huang, Y., Tims, S.G., Froehlich, M.B., Pan, S., Fifield, L.K., Pavetich, S., Koll, D. The 240Pu/239Pu atom ratio in Chinese soils. Sci. Total Environ. 678, 603–610.
19. Huang, Y., Sun, X., Zhang, W., Xiao, Z., 2022. Spatial distribution and migration of 239+240Pu in Chinese soils. Sci. Total Environ. 824, 153724.
20. Li, S., Ni, Y., Guo, Q., 2022. Sources and variability of plutonium in Chinese soils: a statistical perspective with moving average. Atmosphere 13, 769. <https://doi.org/10.3390/atmos13050769>.
21. Методы исследования донных отложений озер Карелии / Т.С. Шелехова, З.И. Слукровский, Н.Б. Лаврова. – Петрозаводск: карельский научный центр РАН, 2020. – 111 с.
22. Instrumental estimates of accumulated external dose using method of single grain retrospective luminescence dosimetry with quartz microcrystals: First results of international study for samples - “witness” of nuclear tests (Semey city, Republic of Kazakhstan) / Stepanenko V., Kaprin A., Ivanov S., Muldagaliev T., Kolyzhenkov T., Bogacheva V., Petukhov A., Akhmedova U., Lipikhina A., Jambaev M., Apsalikhova Z., Mansarina A., Iaskova E., Ivannikov A., Skvortsov V., Zhumadilov K., Hoshi M. // Radiation and Risk. – 2019. – 28(4). – P. 118–128. DOI 10.21870/0131-3878-2019-28-4-118-128.
23. Stepanenko V, Shinkarev S, Kaprin A, Apsalikhov K, Ivanov S, Shegay P, Ostroumova E, Kes-miniene A, Lipikhina A, Bogacheva V, Zhumadilov K. Comparison of external dose estimates using different retrospective dosimetry methods in the settlements located near Semipalatinsk Nuclear Test Site, Republic of Kazakhstan. Journal of Radiation Research. 2023 Nov 18.

References

1. Sokolova I.N. Sovremennyy`j monitoring sejmicheskikh soby`tij zrazjonaispy`tatel`nogopoligona Lobnorpodanny`m seti IGI RK / I.N. Sokolova, A.E. Velikanov // Vestnik NYaCzRK. – 2020. – 3. – S. 24-31.
2. Radiacionno-gigienicheskaya obstanovka, sformirovannaya v Makanchinskom, Urdzharskom i Taskeskenskom rajonakh Semipalatinskoy oblasti. Retrospektivnaya ocenka za 1964 – 1998 gody: e`tapny`j otchet / Kaz. NI radiacionnoj medicziny`ie`kologii; B.I. Gusev; N.N. Kurakina. – Semipalatinsk, 1998. – 62 s.
3. Logachev V.A. Radiologicheskie posledstviya provedeniya yaderny`kh ispy`tanij na poligonakh mira / V.A. Logachev, L.A. Logacheva // Vestnik NYaCzRK. – 2003. – 3. – S. 7-17.
4. Inaba J. Dose Reconstruction for Residents Near the Former Semipalatinsk Nuclear Test Sites with a Focus on the Study of Radiation Health Effects / Inaba J., Ishida JI, Hirota S, Yoshinaga S, Kusumi S, Baigazinov Z, Berezina MV, Kenzhina GT, Be-rezin SA, Ogiu T. // Japanese Journal of Health Physics. 2020;55(4):250-256.
5. Cancer Mortality in Populations in Kazakhstan Subjected to Irradiation from Nuclear Weapons Testing in China: Technical Report / Department of Defense USA. – 2008. – 138 p.
6. Yamamoto M. Current levels and distribution of 137Cs and Pu isotopes in soil on the Kazakhstan territory of the Kazakhstan-Chinese border: Semipalatinsk and Lob Nor nuclear test sites detonation / M. Yamamoto, M. Hoshi, J. Takada, A. Sakaguchi, K.N. Apsalikhov, B.I. Gusev. // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 2004;261(3):533-545.
7. Zhumadilov K. The influence of the Lop Nor nuclear weapons test base to the population of the Republic of Kazakhstan / Zhumadilov K., Hoshi M., Ivannikov A., Stepanenko V., Zharlyganova D., Zhumadilov Z., Apsalikhov K., Toyoda S., Endo S., Tanaka K., Miyazawa C., Okamoto T. // Radiation Measurements. 2011;46(4):425-429.
8. Radiologicheskaya karta Semipalatinskoy oblasti (Danny`ena 1963 god): otchet o NIR, Dispanser 4 MZ SSSR. – Semipalatinsk, 1963. – 14 s.
9. Rabotapoplanovy`m temam ##1,8 za 1966 god: otchet / predpriyatye p/ya V-8375; ruk. S.I. Makerova. – Semipalatinsk, 1967. – 275 s.
10. Raschet doz vzheshnego obluheniya naseleniya na territoriyakh Makanchinskogo i Urdzharskogo rajonov Semipalatinskoy oblasti, sformirovannom v rezul`tate ispy`tanij yadernogo oruzhiya v KNR: e`tapny`j otchet / K.I. Gordeev, N.N. Kurakina. – Semipalatinsk, 1982. – 10 s.
11. Parametry` radiacionno-gigienicheskoy obstanovki na territoriyakh Makanchinskogo i Urdzharskogo rajonov Semipalatinskoy oblasti: e`tapny`j otchet, Radiologicheskij dispanser MZ SSSR / K.I. Gordeev, N.N. Kurakina. – Semipalatinsk, 1990 – 16 s.

12. Sanitarny`epravila «Sanitarno-e`pidemiologicheskietrebovaniya k obespecheniyuradiaczionnojbezopasnosti». PrikazMin-istradzravookhraneniyaRespubliki Kazakhstan ot 15 dekabrya 2020 goda # QR DSM-275/2020.
13. Simon S.L. Dose estimation for exposure to radioactive fallout from nuclear detonations / Simon S.L., Bouville A., Beck H.L., Anspaugh L.R., Thiessen K.M., Hoffman F.O., Shinkarev S // Health physics. 2022;122(1): p. 1-20.
14. André Bouville. A methodology for estimating external doses to individuals and populations exposed to radioactive fallout from nuclear detonations. / André Bouville, Harold L. Beck Lynn R. Anspaugh, Konstantin Gordeev, Sergey Shinkarev, Kathleen M. Thiessen, F. Owen Hoffman, Steven L. Simon // HealthPhys. 2022;122: p.54 – 83.
15. Harold L. A method for estimating the deposition density of fallout on the ground and on vegetation from a low-yield, low-altitude nuclear detonation./ Harold L. Beck, André Bouville, Steven L. Simon, Lynn R. Anspaugh, Kathleen M. Thiessen, Sergey Shinkarev, Konstantin Gordeev // Health Phys. 2022;122:p. 21 – 53.
16. Feng D. Distribution of plutonium isotopes in soils between two nuclear test sites: Semipalatinsk and Lop Nor. / Feng D, Yang F, Wang X, Zhou X, Liu Z, Liao H // Journal of Environmental Radioactivity. 2022;242:106792
17. Zhao X, Qiao J, Hou X. Plutonium isotopes in Northern Xinjiang, China: Level, distribution, sources and their contributions. Environmental Pollution. 2020; 265:114929.
18. Huang, Y., Tims, S.G., Froehlich, M.B., Pan, S., Fifield, L.K., Pavetich, S., Koll, D. The ²⁴⁰Pu/²³⁹Pu atom ratio in Chinese soils. Sci. Total Environ. 678, 603–610.
19. Huang, Y., Sun, X., Zhang, W., Xiao, Z., 2022. Spatial distribution and migration of ²³⁹+²⁴⁰Pu in Chinese soils. Sci. Total Environ. 824, 153724.
20. Li, S., Ni, Y., Guo, Q., 2022. Sources and variability of plutonium in Chinese soils: a statistical perspective with moving average. Atmosphere 13, 769. <https://doi.org/10.3390/atmos13050769>.
21. Metody`issledovaniyadonny`khotlozhenijozerKarelii / T.S. Shelekhova, Z.I. Slukovskij, N.B. Lavrova. – Petrozavodsk: karel'skijnauchny`jcentr RAN, 2020. – 111 s.
22. Instrumental estimates of accumulated external dose using method of single grain retrospective luminescence dosimetry with quartz microcrystals: First results of international study for samples - “witness” of nuclear tests (Semey city, Republic of Kazakhstan) / Stepanenko V., Kaprin A., Ivanov S., Muldagaliev T., Kolyzhenkov T., Bogacheva V., Petukhov A., Akhmedova U., Lipikhina A., Jambaev M., Apsalikova Z., Mansarina A., Iaskova E., Ivannikov A., Skvortsov V., Zhumadilov K., Hoshi M. // RadiationandRisk. – 2019. – 28(4). – R. 118–128. DOI 10.21870/0131-3878-2019-28-4-118-128.
23. Stepanenko V, Shinkarev S, Kaprin A, Apsalikov K, Ivanov S, Shegay P, Ostroumova E, Kes-miniene A, Lipikhina A, Bogacheva V, Zhumadilov K. Comparison of external dose estimates using different retrospective dosimetry methods in the settlements located near Semipalatinsk Nuclear Test Site, Republic of Kazakhstan. Journal of Radiation Research. 2023 Nov 18.

Авторлар туралы мәлімет

Липихина Александра Викторовна – биология ғылымдарының кандидаты, «Семей медицина университеті» КЕАҚ Радиациялық медицина және экология ғылыми-зерттеу институты директорының ғылыми жұмыстар жөніндегі орынбасары, Семей қ., Қазақстан (e-mail: a.v.lipixina@mail.ru)

Есілқанов Фани Мұхтарұлы – ғылым магистрі, «Семей медицина университеті» КЕАҚ Радиациялық медицина және экология ғылыми-зерттеу институтының ғылыми қызметкері, Семей қ., Қазақстан (e-mail: al-g_007@mail.ru)

Брайт Юлия Юрьевна – ғылым магистрі, «Семей медицина университеті» КЕАҚ Радиациялық медицина және экология ғылыми-зерттеу институтының ғылыми бөлімінің меңгерушісі, Семей қ., Қазақстан (e-mail: d.yuliy@mail.ru)

Ричард Харброн – Қатерлі ісік мәселелерін зерттеу жөніндегі халықаралық агенттік/ДДҮ, Лион, Франция (e-mail: harbrnr@iarc.who.int)

Остроумова Евгения Владимировна – медицина ғылымдарының кандидаты, Онкологиялық зерттеулер жөніндегі халықаралық агенттік/ДДҮ, Лион, Франция (e-mail: ostroumova@iarc.who.int)

Апсаликов Казбек Негматович – профессор, медицина ғылымдарының докторы, Семей қ., Қазақстан (e-mail: k.n.apsalikov@mail.ru)

Information about authors:

Lipikhina Alexandra Viktorovna – Candidate of Biological Sciences, Deputy Director for Scientific Affairs, Research Institute of Radiation Medicine and Ecology, NAO “Medical University Semey” Semey, Kazakhstan (e-mail: a.v.lipikhina@mail.ru)

Esilkanov Gani Mukhtarovich – Master of Science, research associate of the Research Institute of Radiation Medicine and Ecology, NAO “Medical University Semey” Semey, Kazakhstan (e-mail: al-g_007@mail.ru)

Yulia Yurievna Brait – Master of Science, Head of Scientific Department, Research Institute of Radiation Medicine and Ecology, NAO “Medical University Semey” Semey, Kazakhstan (e-mail: d.yuliy@mail.ru).

Richard Harbronn – International Agency for Research on Cancer/WHO, Lyon, France (e-mail: harbrnr@iarc.who.int)

Ostroumova Evgenia Vladimirovna – Candidate of Medical Sciences, International Agency for Research on Cancer/WHO, Lyon, France (e-mail: ostroumova@iarc.who.int).

Apsalikov Kazbek Negmatovich – Professor, MD, Semey, Kazakhstan (e-mail: k.n.apsalikov@mail.ru)

*Поступила: 23 мая 2024 года
Принята: 26 сентября 2024 года*