

## Радиационно-гигиеническая характеристика глобальных выпадений радионуклидов в арктических регионах России (по данным НИИ радиационной гигиены им. П.В. Рамзаева)

В.В. Омельчук<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова, Министерство здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

*В последние годы отмечается активное освоение прибрежных территорий арктических регионов России с размещением на них комплексов по добыче и переработке углеводородов, гражданских и военных объектов. Проведенные СССР и другими ядерными державами во второй половине XX столетия испытания ядерного оружия привели к глобальным радиоактивным выпадениям, в том числе и на прибрежных территориях приарктических регионов СССР. Пять самых мощных в мире ядерных боезарядов испытаны на полигоне Новая Земля в Архангельской области. В Санкт-Петербургском научно-исследовательском институте радиационной гигиены им. П.В. Рамзаева (до 1994 г. – Ленинградский научно-исследовательский институт радиационной гигиены, далее – Институт) накоплен 30-летний опыт радиационно-гигиенических исследований по оценке последствий испытаний ядерного оружия для районов Крайнего Севера СССР: от разработки аппаратно-методического комплекса для выделения, анализа и измерения низких уровней радиоактивных изотопов как в объектах внешней среды, так и в организме человека, до широкомасштабных радиационно-гигиенических исследований всех звеньев «северной пищевой цепочки» – лишайников, оленей и коренных жителей. Полученные научные данные позволили комплексно оценить вклад радиационного фактора в состояние здоровья населения, проживающего на территориях, охватывающих все российское побережье Северного Ледовитого океана.*

**Ключевые слова:** глобальные радиоактивные выпадения, искусственные радионуклиды, пищевая цепочка «лишайник – олень – человек», удельная активность, дозы облучения.

### Введение

Начало испытаний ядерного оружия ведет отсчет с взрыва 16.07.1945 г. в США атомной бомбы. Паритет между США и СССР в обладании атомным оружием был восстановлен 29.08.1949 г. Всего в СССР с 1949 по 1962 г. проведено более 200 взрывов. Советскому Союзу принадлежит первенство не только в масштабах подобного рода испытаний, но и в мощности ядерных боезарядов – самые мощные взорваны на полигоне Новая Земля, расположенном в Архангельской области [1].

### Особенности глобальных выпадений техногенных радионуклидов на поверхность Земли вследствие испытаний ядерного оружия

В результате проведенных испытаний ядерного оружия образовавшиеся техногенные радионуклиды инжектированы в различные слои атмосферы с последующим выпадением на поверхность Земли из тропо- и стра-

тосферы (так называемые глобальные выпадения). Наибольшую опасность с радиационно-гигиенических позиций представляли Cs-137 и Sr-90, определяющие радиационные последствия в отдаленный период не только в результате испытаний ядерного оружия [2, 3].

По данным [4], общее количество образовавшегося Cs-137 в результате всех проведенных до 1963 г. испытаний ядерного оружия на земле и в воздухе составило 32,74 МКи, Sr-90 – в пределах 17–19 МКи (1 МКи =  $3,7 \cdot 10^{16}$  Бк.). В приведенной выше монографии приводятся материалы из доклада Научного комитета по действию атомной радиации ООН (НКДАР ООН) за 1969 г., а также данные, представленные в 1973 г. американской лабораторией HASL США о глобальных выпадениях, характеризующие динамику отложения на поверхности Земли Cs-137 и Sr-90 в период с 1958 по 1972 г. включительно. Установлено, что показатели годового отложения Cs-137 и Sr-90 и их суммарные величины преобладают

Омельчук Василий Владимирович

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева  
Адрес для переписки: 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: vasilij.omelchuk@yandex.ru

в северном полушарии Земли, что объясняется не столько размещением мест подрыва большинства ядерных боезарядов, сколько широтной зависимостью выпадений радиоактивных осадков.

По данным [4, 5], количество выпадений Cs-137 и Sr-90 на прилегающей к Новоземельскому атомному полигону территории в 500–600 км в два раза меньше, чем на расстоянии в 2–3 тыс. км от него. Подобная широтная зависимость выпадений Cs-137 и Sr-90 характерна для всего северного полушария и носит глобальный характер.

Выпадения радионуклидов вследствие проведенных испытаний ядерного оружия отличались также и по времени года (максимально – весной и в начале лета), что приводило к выраженным различиям в уровнях загрязнения территорий, коррелирующим более всего с метеорологическими условиями, прежде всего, с количеством атмосферных осадков – максимум их приходится на Кольский полуостров (675 мм/год), минимум на Якутию (175 мм/год), остальные районы занимают промежуточное положение [6].

Авторы указывают [7, 8], что, несмотря на меньшие (в среднем в 1,5–2 раза) уровни загрязнения почв на протяжении побережья Ледовитого океана (67–70° с.ш.) по сравнению с почвами северного полушария, были обнаружены достоверные (двукратные) различия в уровнях радиоактивного загрязнения почв отдельных северных районов – наибольшие из них отмечены в Мурманской области и Ненецком национальном округе, в восточных районах (Таймыр, Якутия, Чукотка) они наименьшие.

#### **Вклад специалистов Института в изучение последствий глобальных выпадений радионуклидов в арктических регионах России**

Конец 1950-х гг. – начало систематических наблюдений за радиоактивным загрязнением внешней среды глобальными радиоактивными выпадениями.

Первенство среди подобных научных работ принадлежит ученым из США, Канады, ряда скандинавских стран [4] – в 1956 г. Miller C.E., Marinelli Z.D. впервые обнаружили в организме человека Cs-137 глобального (искусственного) происхождения, в 1959 г. Palmer H.E., Hanson W.C., Griffin B.J., Roesch W.C. открыли арктическую (северную) пищевую цепочку миграции радионуклидов глобального происхождения – «лишайник – олень – человек».

Пристальное внимание специалистов к полярным районам объясняется не преобладанием глобальных выпадений техногенных радионуклидов на данных территориях, а феноменом необычайно высокой концентрации осколков деления (прежде всего Cs-137 и Sr-90) в радиоэкологической пищевой цепочке «лишайник – олень – человек» и, следовательно, значительно большего вклада в дозу за счет перорального поступления искусственных радионуклидов [6, 7, 8]. К примеру, вклад в дозу инкорпорированного Cs-137 в 1000 раз больше, чем от внешнего облучения [4, 5].

Начало работ по данной проблематике положено в Институте в 1959 г. На первых этапах основным методом исследования в Институте было определение суммарной радиоактивности в пробах объектов внешней среды, который не позволял проводить углубленный анализ радиоизотопного состава исследуемых объектов. Подобная ситуация потребовала внедрения в практику новейших

на то время методов ядерной физики и радиохимии, разработку аппаратно-методического комплекса с целью выделения, анализа и измерения низких уровней радиоактивных изотопов как в объектах внешней среды, так и в организме человека [9, 10, 11]. За очень короткое время в Институте были разработаны:

- жидкий сцинтилляционный счетчик, для экспресс-определений гамма-излучателей (цезий-137, йод-131) в пробах объектов внешней среды (продуктах питания, воде, молоке и т.д.);

- большой жидкий сцинтилляционный счетчик (БЖСС), предназначенный для прижизненных измерений радиоактивности тела человека;

- ряд переносных приборов: сцинтилляционный бета-счетчик для прижизненного определения инкорпорированного радиоактивного стронция в организме человека; трехканальный анализатор для прижизненного определения радиоактивных изотопов цезия, кобальта, йода; сцинтилляционный радонметр для определения инкорпорированного радия по выдыхаемому радону и др.

- контрольные (эталонные) препараты повышенной точности на стандартных подложках стронция-90, иттрия-90, цезия-137.

Подводя итоги первых 10 лет работы Института [9], М.А. Невструева (тогдашний директор Института) привела ряд важных научных достижений, впервые открытых в ходе научных исследований по тематике изучения последствий глобальных выпадений радионуклидов в арктических регионах России:

- впервые факт повышенного содержания смеси продуктов деления (по суммарной бета-активности) в лишайниках и оленине установлен специалистами Института в 1959 г., что позволило Н.А. Запольской сформулировать положение о наличии в районах Крайнего Севера специфической цепочки миграции радионуклидов (Sr-90) «лишайники – северные олени»;

- в 1961 г. в радиохимической лаборатории (Попов Д.К. и др.), наряду со стронцием-90, впервые обнаружили высокие ( $5-37 \times 10^{-9}$  кюри/кг) концентрации цезия-137 в единичных пробах оленьих, полученных из районов Камчатки, Ненецкого округа, Коми АССР, Иркутской области, Таймырского округа и Мурманской области;

- отобранные для научных целей пробы анализировались в Институте на суммарную гамма-активность в канале цезия-137 и калия-40 (на счетчике с жидким сцинтиллятором Ю.С. Белле), на цезий-137, стронций-90, церий-144, иттрий-91 – радиохимическими методами;

- с 1962 г. в Институте начались первые измерения содержания Cs-137 в организме оленеводов и жителей крупных городов методом гамма-спектрометрии на счетчике О.В. Лебедева;

- в последующем М.С. Ибатуллин доказал, что уровни цезия-137 в организме оленеводов достаточны для их измерения простейшими радиометрами с датчиком от СГ-42 и пересчетным устройством без защиты в полевых условиях.

В ходе выполнения научных работ специалистами Института исследовался вклад в биосферу Крайнего Севера СССР и природных радионуклидов уран-ториевого радиоактивного семейства (Pb-210, Po-210, Rn-226) с определением дозовой нагрузки за счет них у местного населения. Полученные результаты обобщены и опубликованы в монографии [12] и ряде работ [13–16].

Об актуальности данных научных исследований свидетельствуют большое количество сотрудников Института, занимающихся указанной проблематикой (П.В. Рамзаев, М.Н. Троицкая, А.А. Моисеев, Д.К. Попов, Г.И. Мирецкий, А.П. Ермолаева-Маковская, М.С. Ибатуллин, Б.Я. Литвер, А.И. Нижников, Э.М. Крисюк, Э.П. Лисаченко, Л.А. Теплых, В.В. Колесников, Ю.С. Белле, О.В. Лебедев и др.).

Полученные ими научные результаты опубликованы в целом ряде работ, включая монографии [4, 5, 6, 12, 17], защищенные докторские [18, 19, 20] и кандидатские [11, 21–24] диссертации, материалы для НКДАР ООН [25, 26], для Национальной комиссии по радиационной защите (НКРЗ) при Минздраве СССР, для Государственного комитета по использованию атомной энергии СССР [27–30], сборники «Ядерные взрывы в СССР» [31, 32], научные журналы [33–39], в сборниках научных трудов «Радиационная гигиена», регулярно издаваемых Институтом [40–46], материалах научных конференций [47–52].

Особо следует выделить роль П.В. Рамзаева, внесшего большой вклад в научные исследования по северной тематике [53, 54, 55]. В работе [55] приведена информация о многолетнем руководстве П.В. Рамзаевым научной лабораторией, личном его участии в целом ряде научных экспедиций в районы Крайнего Севера СССР, защите в 1968 г. первой в Институте докторской диссертации [18] по рассматриваемой научной тематике, опубликовании в 1975 г. (совместно с А.А. Мосеевым) монографии [4], послужившей основой материалов НКДАР ООН по вопросам экологии и биологии цезия-137 (Доклад НКДАР ООН за 1977 г.).

1966 г. является отсчетом мировой известности и признания мировым научным сообществом результатов, полученных в Институте, – с доклада коллектива авторов на Международном радиоэкологическом симпозиуме «Radioecological Concentration Processes», который прошел в Стокгольме (Швеция) в апреле 1966 г. [55]. Перечень международных научных форумов по данной проблематике и опубликованных в зарубежных изданиях трудах специалистов Института приведен в [53].

### Итоги исследований по оценке радиационно-гигиенических последствий глобальных выпадений в арктических регионах России за период с 1961 по 1978 г.

Окончание 1960-х и середина 1970-х гг. – время подведения в Институте первых итогов научных исследований по радиационно-гигиенической оценке последствий глобальных выпадений радионуклидов на территориях Крайнего Севера СССР.

В приведенных выше ссылках на защищенные диссертации, изданные монографии, опубликованные итоговые научные публикации представлены результаты исследований с 1961 по 1978 г. всех трех звеньев пищевой цепи, характерной для жителей Крайнего Севера: особенностей и уровней загрязнения Cs-137 и Sr-90 различных видов лишайников (кладоний и центрарий); их удельной активности (соответственно) в мышцах и костях северных оленей; содержания указанных выше радионуклидов в теле и костях местного населения с определением дозовых нагрузок.

Наиболее полно результаты научных исследований всех трех звеньев пищевой цепи за указанный выше период представлены в материалах НКРЗ Государственного комитета по использованию атомной энергии СССР, опубликованных в 1981 г. [28]. Данные материалы по каждому из звеньев северной пищевой цепи, а также выводы авторов из перечисленных выше работ за более чем 15-тилетний период представлены в таблицах 1–3.

Исследования особенностей миграции осколков деления Cs-137 и Sr-90 в биосфере и избирательного накопления их в лишайниках позволили авторам сделать следующие выводы:

1. Удельная активность Cs-137 и Sr-90 в лишайниках в 1964–1965 гг. достигла максимальных значений (рост с 1961 по 1965 г. в 2–7 раз). После 1966 г. наметился спад (в 2–3 раза), более медленный по сравнению с однолетними растениями. В последующие годы снижение удельной активности Cs-137 проходило с периодом полуочищения около 4–5 лет, и этот период в дальнейшем имеет тенденцию к увеличению.

Таблица 1

Удельная активность цезия-137 и стронция-90 в лишайниках (нКи/кг сухой массы) [28]

[Table 1]

Activity concentration of <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr in lichen (nCi/kg of the dry mass)

Район [Region]	Дата отбора проб [Sampling date]	Цезий-137 [ <sup>137</sup> Cs]	Стронций-90 [ <sup>90</sup> Sr]
	1961	26±7	–
	IV-62	–	7±4 (28)
	IV-63	48±1 (6)	7±1
	III-65	50±1 (5)	9±1
	XII-65	27±4 (11)	15±2
	IV-66	34±4 (5)	8±1
	XI-66	33±7 (6)	9±1
Мурманская область [Murmansk region]	II-68	27±3 (6)	5±1
	II-69	13±2 (6)	6±0,1
	II-70	14±1 (6)	7±1
	II-71	16±2 (5)	9±1
	II-72	14±1 (3)	8±1
	XI-72	13±2 (4)	4±1
	III-74	17±2 (3)	8±1
	III-75	19±2 (3)	11±1
	IV-78	10±2 (4)	6±0,5

## Reviews

Окончание таблицы 1

Район [Region]	Дата отбора проб [Sampling date]	Цезий-137 [ <sup>137</sup> Cs]	Стронций-90 [ <sup>90</sup> Sr]
Коми АССР [Komi ASSR]	1961	11±3 (2)	–
	X-62	–	4±1 (6)
	VI-64	74±6 (6)	9±1
	III-65	50±1 (5)	9±1
	II-67	–	10±3 (1)
	V-68	12±2 (6)	5±2
	V-69	9±0,1 (3)	5±0,1
	IV-71	8±1 (3)	4±1
	IV-73	9±1 (3)	4±1
	IV-75	15±2 (3)	6±1
Таймырский национальный округ [Taimyr national district]	XI-62	–	3±1 (3)
	II-67	14±1 (11)	6±1
	III-68	13±3 (8)	4±1
	III-69	10±2 (2)	4±1
	IV-71	9±1 (2)	4±1
	III-72	5±1 (3)	5±1
	III-73	8±1 (3)	6±1
Якутская АССР [Yakut ASSR]	XII-65	24±7 (6)	13±4
	XII-66	21±3 (6)	7±1
	III-68	12±5 (3)	7±1
	III-72	11±1 (2)	6±1
	III-73	9±1 (3)	5±1
	IV-76	6±1 (3)	4±1
Чукотский национальный округ [Chukotka national district]	I-67	5 (1)	7
	IV-68	10±2 (2)	5±1
	IV-71	14±1 (3)	8±1
	IV-72	12±2 (4)	7±1
	III-73	9±1 (3)	3±1
	IV-IX-76	7±1 (10)	4±1
	IV-78	11±1 (5)	3±1

– численные значения приведены в применявшихся в период исследований единицах (1 нКи=37 Бк);  
– средние значения ± стандартная погрешность; в скобках – число проб.

[– Values are given in the units used in the time of the survey (1 nCi = 37 Bq)  
– mean values ± SD (number of samples)].

### Удельная активность Cs-137 в мышцах и Sr-90 в костях северных оленей (нКи/кг сырой массы) [28]

Таблица 2

#### Activity concentration of <sup>137</sup>Cs in muscles and <sup>90</sup>Sr in bones of the reindeers (nCi/kg of the raw mass)

[Table 2

Район выпаса [Region]	Дата забоя [Date of sampling]	Cs-137	Sr-90	С.е. (стронциевые единицы) [Strontium units]
Мурманская область [Murmansk region]	1961	24 (1)	40 (1)	300
	VI-62	33±2 (3)	51±15 (4)	390±125
	I-63	39±2 (3)	71±10 (4)	545±73
	V-63	48±7 (2)	84±18 (3)	643±12
	II-64	80±3 (6)	147±10 (8)	1080±100
	VII-64	22±6 (3)	145±30 (3)	1111±27
	II-65	97±4 (11)	134±8 (11)	1414±74
	X-65	74±4 (12)	152±7 (12)	1270±69
	IV-66	79±4 (13)	210±20 (15)	1800±75
	I-68	45±1 (19)	145±6 (17)	1100±41
	XII-68	45±2 (15)	55±1 (7)	566±90
	XII-69	38±2 (11)	66±4 (11)	515±27
	II-71	37±3 (13)	71±4 (13)	480±20
	III-72	42±5 (8)	39±2 (5)	343±10
	I-73	29±8 (14)	42±5 (6)	316±11
	III-74	37±2 (9)	40±4 (9)	309±17
	I-75	28±3 (6)	25±2 (6)	303±14
	IV-77	21±2 (4)	30±3 (5)	290±40
	XI-77	16±3 (7)	25±5 (7)	270±40
	III-78	17±2 (9)	30±4 (9)	280±30

Район выпаса [Region]	Дата забоя [Date of sampling]	Cs-137	Sr-90	С.е. (стронциевые единицы) [Strontium units]
Коми АССР [Komi ASSR]	XI-1961	21±1 (57)	44±10 (29)	–
	V-62	16±2 (4)	55±10 (27)	400±40
	V-63	33±2 (4)	50±6 (8)	427±60
	VI-63	38±4 (6)	–	–
	IX-63	23±1 (4)	51±6 (4)	429±11
	I-64	45±10 (4)	–	–
	V-64	61±8 (4)	93±24 (11)	1109±73
	VII-64	12±2 (3)	–	–
	V-65	81±7 (12)	126±11 (8)	1050±21
	X-66	30±3 (19)	64±5 (19)	530±25
	V-68	28±1 (9)	82±14 (7)	620±109
	I-69	22±1 (7)	29±5 (7)	306±47
	XII-70	17±1 (10)	36±3 (10)	235±10
	XI-72	14±2 (7)	26±3 (7)	284±21
	I-75	20±2 (6)	14±2 (6)	158±12
Таймырский национальный округ [Taimyr national district]	1961	8 (1)	–	–
	IV-62	4±1 (2)	18±4 (2)	162±17
	XII-62	13±3 (3)	39±10 (2)	350±50
	XII-64	22±2 (12)	41±1 (13)	465±24
	I-65	36 (1)	–	–
	X-66	16±2 (14)	77±6 (24)	580±118
	II-67	20±3 (4)	–	–
	XII-67	18±2 (10)	69±5 (14)	526±39
	III-68	38±1 (4)	–	–
	XII-68	17±2 (9)	41±6 (14)	433±45
	XII-70	17±2 (11)	32±3 (10)	290±22
	XII-71	19±2 (6)	36±3 (6)	330±24
	XII-72	15±1 (10)	19±2 (9)	260±14
	XII-74	11±3 (8)	24±3 (8)	258±14
	XII-76	7±2 (5)	17±3 (5)	207±15
Якутская АССР [Yakut ASSR]	1959	–	–	190±24 (2)
	XI-64	17±3 (9)	65±8 (9)	540±33
	XI-65	12±1 (10)	75±5 (10)	600±20
	XI-66	6±1 (18)	83±10 (18)	710±110
	XII-67	8±1 (4)	69±11 (3)	526±87
	XII-68	6±1 (7)	37±3 (7)	331±18
	XI-71	7±1 (10)	25±6 (10)	221±13
	XI-72	6±1 (12)	39±3 (12)	330±15
	XII-76	7±4 (6)	18±5 (6)	106±28
	VI-62	8±1 (10)	53±8 (19)	442±10
Чукотский национальный округ [Chukotka national district]	XII-64	25±2 (10)	88±8 (10)	615±13
	XI-1966	21±3 (6)	69±11 (15)	520±20
	I-67	24±4 (8)	–	–
	XII-67	18±1 (3)	63±11 (3)	481±83
	XII-69	15±1 (28)	52±4 (28)	390±21
	XII-70	15±1 (17)	38±3 (17)	248±19
	XI-71	12±4 (10)	33±9 (3)	236±30
	XII-72	13±1 (15)	22±3 (14)	218±15
	XII-75	10±1 (31)	23±2 (24)	197±14
	IV-76	11±3 (7)	22±7 (7)	205±21
VII-78	–	21±4 (3)	198±15	

## Содержание инкорпорированного Cs-137 у пастухов-оленеводов, нКи [28]

[Table 3]

Concentration of incorporated <sup>137</sup>Cs in the reindeer herders, nCi [28]

Район [Region]	Дата обследования [Date of survey]	Число оленеводов [Number of deer-herders]	Содержание Cs-137, нКи [Concentration of <sup>137</sup> Cs, nCi]	
			во всем организме [In the whole body]	на 1 кг массы тела [per 1 kg of body mass]
Мурманская область [Murmansk region]	VI - 1962	2	1200±500	20±7
	I - 1963	3	1200±300	22±5
	II - 1964	25	1900±170	31±3
	VII - 1964	23	1500±140	24±3
	III - 1965	29	2800±140	45±3
	X - 1965	28	1700±100	27±2
	IV - 1966	21	3300±200	51±3
	XI - 1966	18	2200±140	35±3
	II - 1968	22	2100±170	33±2
	II - 1969	20	2020±165	31±3
	II - 1970	13	1600±250	25±3
	II - 1971	12	1553±109	23±2
	III - 1972	22	1080±64	18±1
	III - 1974	14	971±143	14±2
	III - 1975	16	890±110	14±3
	III - 1977	9	790±75	12±1
	IV - 1978	17	720±55	11±1
	III - 1979	20	580±40	9±1
	Коми АССР [Komi ASSR]	VII - 1962	3	230±50
XI - 1962		5	350±100	5±2
V - 1964		26	1500±100	24±2
II - 1967		7	1500±100	21±2
V - 1968		19	1600±130	24±2
V - 1969		19	1245±110	19±1
V - 1975		10	617±50	9±1
Таймырский национальный округ [Taimyr national district]	VII - 1962	2	330±10	5±1
	XII - 1962	3	330±80	4±1
	I - 1965	13	800±100	13±1
	II - 1967	13	700±40	12±1
	III - 1968	17	900±150	13±1
	IV - 1969	17	1000±125	18±2
	IV - 1971	9	504±39	8±1
	III - 1972	7	260±34	5±1
	III - 1973	14	298±9	5±1
	IX - 1975	9	348±72	6±1
IV - 1977	7	398±20	6±1	
Якутская АССР [Yakut ASSR]	I - 1965			
	XII - 1965	7	400±50	5±1
	I - 1967	6	400±70	5±1
	III - 1968	12	460±10	8±1
	IV - 1969	13	400±35	6±1
	III - 1972	6	470±30	8±1
	III - 1973	12	340±33	5±1
IV - 1977	10	322±11	5±1	
Чукотский национальный округ [Chukotka national district]		3	260±30	4±1
	I - 1965	14	900±100	14±1
	I - 1967	18	1700±20	25±2
	IV - 1968	12	1200±130	17±2
	IV - 1971	16	830±19	13±1
	IV - 1972	12	770±47	12±1
	IV - 1973	11	486±17	8±1
	XI - 1975	10	393±56	5±1
IV - 1976	6	548±39	6±2	

2. Не более двух-трехкратные различия в уровнях радиоактивного загрязнения различных районов (от Мурманской области до Чукотки), что сопоставимо с данными по США (Аляска), Финляндии, Норвегии, Швеции, Дании, Канаде и подтверждает глобальный характер радиоактивных выпадений.

3. Лишайники загрязнены искусственными (Cs-137 и Sr-90) и природным (Po-210) радионуклидами в 5–10 раз больше, чем однолетние травы, растущие в тундре, что объясняется высокими значениями сорбционной поверхности лишайников на единицу массы, многолетним характером роста, воздушным типом питания.

4. Особенности загрязнения лишайников осколочными радионуклидами:

- из-за сепарации Cs-137 от Sr-90 происходит сдвиг их соотношения до 4–10 (к примеру, в глобальных выпадениях оно равно 1,6–1,7), что приводит к преимущественной роли в первом звене пищевой цепи Cs-137 по сравнению со Sr-90;

- установлен так называемый «верхушечный эффект», проявляющийся в преобладании в 5 раз уровней удельной активности в верхней части лишайников по сравнению с их основаниями, что требует соответствующих строгих методических подходов к отборам проб, т.к. в противном случае их несоблюдение может привести к флуктуации данных, не связанных с истинной динамикой удельной активности исследуемых нуклидов.

5. Уровни загрязнения Cs-137 и Sr-90 арктических регионов России, пищевой цепочки «лишайник – олень – человек» и, соответственно, дозы облучения коренного населения не зависят от близости к ядерному полигону на Новой Земле, а коррелируют более всего с количеством атмосферных осадков.

Выводы, полученные авторами в результате анализа результатов исследования удельной активности Cs-137 в мышцах и Sr-90 в костях северных оленей:

1. Обнаружены существенные различия в показателях удельной активности Cs-137 и Sr-90 в мышцах и костях оленей по всему побережью. Максимальные значения отмечены в период наибольших глобальных выпадений осколков деления (в 1956–1966 гг.) в Мурманской области, минимальные – на севере Якутской АССР (в 5–7 раз достоверно ниже). В крайне восточных районах СССР (на Чукотке) отмечен подъем в 2 раза по сравнению с севером Якутии.

2. Уровни удельной активности Cs-137 и Sr-90 в мышцах и костях оленей, помимо географических вариаций, определяются также структурой пастбищ, рационом оленей. Различия в поедаемом корме приводили к разным значениям соотношения удельной активности мышц (Cs-137) и костей (Sr-90). В период наибольших уровней загрязнения в Мурманской области это значение равнялось 0,71, в Якутской АССР (в районе Оетунг) – 0,26, все остальные районы занимали промежуточное значение.

3. Очищение мяса оленей от Cs-137 до 1968 г. происходило практически одинаково во всех районах с эффективным периодом полувыведения ( $T_{1/2}$  эф.), равным около 2,5 лет, после 1968 г. этот показатель возрос до 7–8 лет (за исключением Коми АССР, что связано, по видимому, с особенностями выпаса оленей). Характерной особенностью уровня содержания Cs-137 в оленине является резко выраженная сезонность: максимальные

значения в конце зимнего выпаса (май), минимальные – в конце лета (август). По Коми АССР в 1964 г. за 3 летних месяца отмечен 18-кратный спад удельной активности с последующим подъемом к началу 1965 г.

4. В мышцах и других мягких тканях оленей содержание Sr-90 оказалось почти в 1000 раз меньше, чем в костях. Очищение костной ткани оленей от Sr-90 после периода максимума (1956–1966 гг.) шло по  $T_{1/2}$  эф. около 4 лет. После 1972 г. по районам Таймыра, Чукотки достоверного снижения удельной активности Sr-90 в костях северных оленей не регистрировалось.

5. Определены причины резко выраженной сезонности удельной активности Cs-137 в оленине:

- существенное сезонное изменение уровней радиоактивного загрязнения кормов – значительный рост при переходе на лишайниковые пастбища с осени по май (зимой лишайники являются основным кормом для оленей) и снижением (минимальные значения) к концу лета (август);

- короткий биологический период полувыведения радионуклида  $T_{биол.}$  из организма оленей – в среднем около 22 суток.

6. На примере 6 районов (3 в Мурманской области и 3 в Якутской АССР) выявлен высокий коэффициент корреляции между удельной активностью Cs-137 в оленине и лишайниках – 0,87 ± 0,10.

7. Удельная активность Cs-137 в оленине в районах Крайнего Севера СССР в пределах одного порядка не отличалась от таковой в других странах северного оленеводства (США, Финляндии, Норвегии, Швеции, Канады). Содержание Cs-137 в оленине в Мурманской области совпадало с данными в соседней Финляндии, а данные по Чукотке не отличаются от показателей по Аляске. Таким образом, полученные в Институте данные совпали с данными зарубежных исследователей, что позволило составить представление о динамике Cs-137 в оленине для всего побережья Северного Ледовитого океана.

8. Эквивалентная доза в организме оленей от Cs-137 при значениях удельной активности в пределах от 10 до 100 нКи/кг равна 70–700 мбэр на все тело. Значительно большую дозу олени получали на скелет от Sr-90 (до 10–30 бэр в год) и естественного Po-210 (свыше 10 бэр в год). В результате в организме северного оленя формируется доза, равная или превышающая предельно допустимую для профессионалов в течение всей жизни и всей эволюции. Авторы отметили, что, возможно, такая доза для оленя – норма существования и что биологическая роль указанной дозы требует более тщательного изучения.

В ходе исследований [4, 25, 28, 29] установлено, что рацион коренных жителей Крайнего Севера носит выраженный сезонный характер с преобладанием оленьего мяса (особенно в зимний период) – от 85 до 90% (10% – снег, используемый для питья и приготовления пищи, рыба, дикая птица). В зависимости от объемов поедаемой оленины и, соответственно, поступления и накопления искусственных радионуклидов в организме (прямо пропорциональная зависимость), местное население было разделено на три группы:

1. Пастухи-оленьеводы, члены их семей (10–100 тыс. чел). Среднесуточное потребление оленины – 250 г (мышцы). У мужчин-оленьеводов в зимний период

количество поедаемой оленины достигало максимально до 1 кг в день.

2. Жители сельских поселков и небольших городов (200 тыс.). Среднесуточное потребление оленины – 20–100 г.

3. Жители крупных городов (Мурманск, Воркута, Норильск, Магадан – более 1 млн чел.). Потребление оленины нерегулярно, от случая к случаю.

Из приведенных выше групп пастухи-оленьеводы и члены их семей – критическая. Результаты определения инкорпорированного Cs-137 у пастухов-оленьеводов приведены в таблице 3.

Выводы по результатам определения уровней инкорпорированного Cs-137 у обследованных лиц:

1. Коэффициент корреляции между удельной активностью Cs-137 в оленине и в организме оленеводов равен  $+0,88 \pm 0,05$ . По содержанию данного радионуклида в выделениях установлен «эквивалент» суточного потребления оленины: в среднем по всем районам Крайнего Севера СССР в организм оленеводов ежедневно поступало столько Cs-137, сколько его содержалось в 230 г мышц оленей (в зимний период наибольшее потребление оленины достигало 1 кг/сутки).

2. В 1966 г. выявлены максимальные уровни удельной активности Cs-137 у жителей критической группы (оленьеводов и членов их семей). В первой, критической группе у мужчин – в диапазоне 0,5–4,8 мкКи, у женщин – 0,25–2,4 мкКи, у детей – 0,1–0,96 мкКи. Значения удель-

ной активности Cs-137 у взрослых второй группы было в диапазоне 0,03–0,5 мкКи, а у жителей третьей группы – не более чем в 2 раза отличается от значений у жителей центральных районов СССР. Наибольший уровень содержания Cs-137 зарегистрирован в 1965–1966 гг. в организме оленеводов Мурманской области (в 8 раз больше, чем у коренных жителей Якутии).

3. В среднем содержание Cs-137 в организме оленеводов достигло максимальных значений в 1966 г., спустя год после наблюдений наибольших уровней радионуклида в оленине. Сдвиг во времени значений инкорпорированного Cs-137 у пастухов-оленьеводов объясняется временем, необходимым для установления равновесия в обмене Cs-137 в организме человека.

4. Динамика уровней инкорпорированного Cs-137 у оленеводов Мурманской области показывает, что после достижения максимальных значений в 1966 г. снижение нуклида в первые годы шло с  $T_{1/2}$  эф., равным 2 года, затем в 1968 г. период полуснижения замедлился до 5 лет. Последующее уменьшение инкорпорированного Cs-137 шло с периодом  $T_{1/2}$  эф., равным 6 лет. По остальным районам  $T_{1/2}$  эф. составило по Коми АССР 4 года, по Таймыру 6 лет, по Якутии 9 лет, по Чукотке 4 года. Для жителей средних широт  $T_{1/2}$  эф. с 1964 по 1968 г. не превышал 2,3 года.

Большого объема научных данных в Институте по содержанию Sr-90 в скелете коренных жителей Крайнего Севера на исследуемый период времени (в отличие от таковых по Cs-137) нет. В таблице 4 приведены факти-

Таблица 4

## Содержание Sr-90 в костях человека, стронциевые единицы

[Table 4]

Concentration of  $^{90}\text{Sr}$  in the human bones, strontium units

Место и время отбора проб [Region and date of sampling]	Возраст, лет [Age, years]	Вид кости [Type of bone]	Число проб [Number of samples]	Стронций-90, с.е. (стронциевые единицы) [ $^{90}\text{Sr}$ , strontium units]
Мурманская область [Murmansk region]	39	Ребро [Ribs]	1	25,6
Чукотский национальный округ [Chukotka national district]	40	Ребро [Ribs]		
1971	40-61	- « -	1	23,8
1972	30-66	- « -	4	11,7 (5,4–15,8)
1973	29-56	- « -	8	20,0 (7,5–38,8)
1974	28-71	- « -	6	16,2 (5,1–37,5)
1975	25-55	- « -	3	17,8 (5,4–28,2)
1976			9	16,5 (4,7–21,5)
СССР [USSR]	19	Нормализовано на весь скелет [Normalized for the whole skeleton]	694	1,2
1968	- « -		1142	1,2
1969	- « -		1249	1,4
1970	- « -		867	1,3
1971				
Канада [Canada]		Позвонки [spine]		
1968	- « -		38	2,7
1969	- « -	- « -	37	2,2
Норвегия [Norway]		Позвонки [spine]		
1969	- « -		90	3,4
1970	- « -	- « -	84	3,7
1971	- « -	- « -	46	3,3
1972	- « -	- « -	77	3,5
1973	- « -	- « -	33	2,7
1974	- « -	- « -	54	2,4
1975	- « -	- « -	100	2,8



ческие данные содержания Sr-90 в костной ткани оленеводов и коренных жителей, отобранных при анатомических вскрытиях трупов жителей Мурманской области и Чукотки. Материал по жителям СССР, Канады и Норвегии авторы представили по данным из отечественных и зарубежных источников [28].

По приведенным в таблице 4 данным авторами сделаны следующие выводы:

1. Удельная активность Sr-90 в костях коренных жителей Крайнего Севера во много раз больше аналогичных значений у людей, не связанных с оленеводством, что не находит своего логичного объяснения, т.к. поступление Sr-90 в организм пастухов-олeneводо-в с рационом всего в 2–3 раза превышает подобные значения у людей, не имеющих отношения к северной цепочке.

2. Авторы отмечают, что сопоставление литературных данных, характеризующих содержание Sr-90 в пищевых рационах и костях людей, не позволило установить корреляцию между ними. Данное обстоятельство подчеркивает, что на тот момент факторы, определяющие накопление Sr-90 в организме, были не до конца изучены. Высказывались предположения, что причинами могут быть различия в параметрах метаболизма в организме человека Sr-90, поступающего у жителей средних широт с хлебом, а у оленеводов – с олениной.

3. Основным источником поступления Sr-90 в организм является поедание растущих оленьих рогов и размягченных костей, особенно при специфической варке бульона в предельно малом количестве воды (при приготовлении 3–4 л бульона используется 4–5 кг оленины). Расчеты показали, что в 300–350 мл такого бульона содержится около 125 пКи Sr-90.

4. Вклад Sr-90 при поедании местным населением рыбы, куропаток и гусей (особенно в весенний период) менее значим, чем оленины, что объясняется авторами не только сезонностью, но и меньшим их загрязнением в периоды наибольших уровней глобальных выпадений по сравнению с олениной.

5. По данным регулярного ежегодного обследования одних и тех же людей в Мурманской области, авторами по анализу содержания Cs-137 и Sr-90 в суточных выделениях рассчитан эффективный период полураспада рациона ( $T_{1/2}$  эф.). Соответственно, для Cs-137 он составил 3 года в период с 1965 по 1969 г. и около 9 лет с 1969 по 1972 г., а для Sr-90 данный временной промежуток был более равномерным – в среднем 4 года.

Обобщенные результаты специалистов Института по научным данным за период 1961–1978 гг. [4, 5, 7, 28]:

1. Повышение дозовой нагрузки (в 10–100 раз) отмечено у отдельных лиц населения Крайнего Севера СССР, связанных с пищевой цепочкой «лишайник – олень – человек».

2. Выявлена замедленная (в 2–5 раз) скорость очищения указанной выше цепочки по сравнению с другими наземными цепочками (к примеру, травы очищаются от Cs-137 вслед за атмосферой с  $T_{1/2}$  эф., равным 9–12 месяцам);

3. Доминирование (в 100 раз) внутреннего облучения оленеводов от Cs-137 по сравнению с Sr-90 на период всего очищения биосферы, включая и почвенный (корневой) его период.

4. Sr-90 облучает скелет пастухов-олeneводо-в в 10–20 раз более интенсивно, чем жителей средних широт.

5. Для прогнозирования уровней загрязнения Cs-137 в цепочке «лишайник – олень – человек» можно использовать эмпирическое соотношение: 1 мКи Cs-137 на км<sup>2</sup> максимумально в равновесных условиях обуславливает загрязнение лишайников 1 нКи Cs-137 на 1 кг сухого вещества, 2 нКи на 1 кг мышц оленины, 0,5 нКи в суточном рационе оленевода; 1 нКи/кг тела человека создает эквивалентную дозу облучения всего организма, равную 11 мбэр в год.

6. По эквивалентной дозе у пастухов-олeneводо-в Cs-137 представляет в 10 и более раз большую радиационно-гигиеническую значимость, чем Sr-90.

7. Эффективная доза (с учетом стохастических последствий, приравненных к облучению всего тела, а также значений взвешивающих факторов по МКРЗ-26) на два порядка выше от вклада Cs-137, чем от Sr-90.

8. Эффективная доза внутреннего облучения за счет Cs-137 у коренного населения составляет основную долю техногенного облучения. Дозовые нагрузки от данного радионуклида в период максимума глобальных выпадений (1966 г.) и затем через 5 и 10 лет составляли в среднем 2400, 1200 и 600 мкЗв/год соответственно. Содержание Sr-90 в скелете жителей Крайнего Севера создает эффективную дозу на весь организм в среднем 30 мкЗв/год.

9. Самая высокая мощность эквивалентной дозы, отмеченная у оленеводов Мурманской области, достигала в 1966 г. 8000 мкЗв/год (800 мбэр/год), что в общем в 100 раз выше, чем у жителей крупных городов Севера СССР.

#### **Окончание XX столетия в Институте ознаменовалось подведением итогов 30-летних исследований радиационной обстановки в арктических регионах России**

По полученным результатам защищены докторские диссертации [19, 20], специалистами Института в соавторстве опубликован ряд монографий [5, 6, 17], в которых представлены материалы не только по динамике содержания основных дозообразующих техногенных радионуклидов (Cs-137 и Sr-90) во всех звеньях северной пищевой цепочки «лишайник – олень – человек» за весь период наблюдений с 1961 по 1992 г., но и указаны дозовые нагрузки, дана гигиеническая характеристика показателей здоровья коренных жителей Крайнего Севера СССР. Полученные авторами результаты представлены в таблице 5.

Выводы авторов по данным 30-летних радиационно-гигиенических исследований пищевой цепочки «лишайник – олень – человек» [5]:

1. Во всех оленеводческих регионах происходит очищение пищевой цепочки: от 3–4-кратного в Мурманской области и Ненецком АО до 7–8-кратного уменьшения в Коми и на Чукотке (на Чукотке близится к завершению);

2. Изменение соотношения Cs-137 и Sr-90 в западных регионах Заполярья (с 3–4 к 1 до 18–20 к 1) объясняется дополнительными глобальными выпадениями Cs-137 после аварии на ЧАЭС в 1986 г., приведшими к локальным загрязнениям Северо-Западных субарктических территорий (до 15% к глобальному уровню);

3. Содержание Sr-90 во всех звеньях цепи по всем регионам почти равное, и к середине 1990-х гг. оно достигло равновесного уровня.

4. Эффективная доза (ЭД) за счет внутреннего облучения Cs-137 у оленеводов составляет основную долю техногенного облучения: 1966 г. (период максимума) – около

Удельная активность\* Cs-137 и Sr-90 \*\* (Бк/кг) и соотношение их содержания в звеньях экологической цепочки «лишайник-олень-человек» за период с 1961 по 1994 г. [5]

[Table 5]

Activity concentration of <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr (Bq/kg) and ratio of their concentration in the links of the ecological chain «lichen-raindeer-man» in 1961-1994]

Район [Region]	Лишайник [Lichen]		Олень [Raindeer]		Человек *** [Human]							
	1961–1983		1991–1994		1961–1983		1991–1994					
	Cs-137/Sr-90 и их соотношение [ <sup>137</sup> Cs/ <sup>90</sup> Sr and their ratio]											
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Мурманская обл. [Murmansk region]	816 295	3 1	232 12	18 1	1480 2966	1 2	300 40	7.5 1	888 104	9 1	77 8	8 1
Ненецкий АО [Nenetskiy AO]	814 222	4 1	248 20	20 1	1000 1520	1 1,5	330 51	6.5 1	481 98	5 1	60 8	8 1
Ижемский (Республика Коми) [Izhemskiy (Komi republic)]	814 222	4 1	96 17	6 1	1000 1525	1 1,5	90 35	2.5 1	481 98	5 1	32 7	4.5 1
Чукотский АО [Chukotka AO]	370 185	2 1	56 20	3 1	555 1500	1 3	80 60	1.3 1	518 100	5 1	22 7	3 1

1. Удельная активность радионуклидов: в числителе – цезия-137, в знаменателе – стронция-90;

2. Их соотношение;

\* – 30% > m > 20%;

\*\* – у оленей и человека в костной ткани;

\*\*\* – среднее значение максимальных значений удельной активности у оленеводов по всем обследованным населенным пунктам;

\*\*\*\* – в 1961–1983 гг. давалась единая оценка по Коми-Ненецкому округу.

[1. Activity concentration of radionuclides: <sup>137</sup>Cs/<sup>90</sup>Sr

2. Their ratio;

\*- 30% > m > 20%;

\*\*for raindeers and humans in bone tissue

\*\*\*mean values of maximum activity concentrations for the raindeer herders in all residential places

\*\*\*\* the joint assessment was performed in the whole Komi-Nenetskiy district in 1961–1983].

2,4 мЗв/год., 1971 г. – около 1,2 мЗв/год, 1976 г. – около 0,6 мЗв/год. В 1966 г. у оленеводов Мурманской области зарегистрированы максимальные значения удельной активности Cs-137 – 5 мкКи на весь организм, что предопределяло ЭД около 8 мЗв/год (800 мБэр/год), что в 100 раз выше, чем у жителей крупных городов севера СССР, не потреблявших оленины;

5. Эффективная доза на организм за счет Sr-90 в скелете составляет в среднем 30 мкЗв/год.

6. Значимый вклад в дозу оказывают природные (естественные) радионуклиды Po-210 и Pb-210 – значения ЭД порядка 1 мЗв/год.

7. Средневзвешенные (с учетом численности населения по районам) годовые эффективные индивидуальные дозы у населения районов Крайнего Севера России за счет глобальных выпадений (внутреннее облучение) были в диапазоне от 0,06 до 0,22 мЗв/год;

Авторами [5] на базе оценки влияния малых доз радиации по сравнению с другими факторами риска в регионе проведена оценка здоровья коренных народов Крайнего Севера в связи с радиационным фактором. Оценка потенциального вреда глобальных выпадений для коренного населения Крайнего Севера России проведена по показателям общей смертности местного населения, рассчитанной на 1000 чел. на протяжении 30-летнего периода наблюдений (табл. 6).

Выводы авторов по данным 30-летних радиационно-гигиенических исследований общей смертности корен-

ного населения наблюдаемых районов Крайнего Севера [5]:

1. Показатели смертности от всех причин населения Крайнего Севера не только превышают таковые по стране на 40–50%, но и их динамика имела необычный характер: по РФ отмечается тенденция к неуклонному росту к 1990-м гг., тогда как в наблюдаемых районах с конца 1960-х гг. отмечается 1,5–2-кратный подъем смертности вплоть до 1980-х гг. с последующим спадом к 1990-м гг.

2. 60-я Публикация МКРЗ постулирует следующую зависимость доза-эффект: ЭД 10 тыс. чел.Зв определяет гибель 730 чел. от раковых болезней и наследственных дефектов. Исходя из расчета для 16 тыс. коренных жителей Ненецкого округа, средняя индивидуальная эффективная годовая доза за 32 года равна 0,6 мЗв, потери от радиационного фактора при таком подходе составят 22 человека. При наблюдавшемся с 1961 по 1991 г. уровне годовых показателей смертности и их флюктуациях величина такого порядка никакими статистическими методами выявлена быть не может.

3. Авторами высказано предположение о появлении в 1960–1970-х гг. в сфере обитания жителей Крайнего Севера (особенно в европейской части) некоего фактора или комплекса факторов, увеличивающих риск смерти. К ним относится и дозовая нагрузка от искусственных радионуклидов глобальных выпадений.

Анализ структуры смертности коренного населения в наблюдаемых районах Крайнего Севера (особенно доли

Показатели общей смертности (на 1000 чел.) коренного населения наблюдаемых районов Крайнего Севера за 30-летний период наблюдений [5]

Indicators of the mortality (per 1000 persons) for the native inhabitants of the surveyed regions of the Far North for the 30-year period of surveillance]

Период наблюдения [Time period]	Районы наблюдения [Regions of surveillance]				
	Мурманская область [Murmansk region]	Ненецкий АО [Nenetsk AO]	Республика Коми [Republic of Komi]	Чукотский АО [Chukotka AO]	РФ [Russian Federation]
1961–1965	8,6	9,3	9,0	28,2	7,1
1966–1970	8,8	10,3	8,9	25,4	7,7
1971–1975	13,6	12,9	10,2	24,7	8,5
1976–1980	17,0	12,5	12,2	20,5	9,3
1981–1985	14,6	11,5	13,0	17,8	10,2
1986–1990	13,2	9,0	11,3	11,6	10,7
1991–1992	11,2	9,2	10,7	10,8	–

онкологических заболеваний и смертельных генетических повреждений как потенциально возможных радиационных последствий глобальных выпадений) позволил авторам сделать следующие выводы:

1. 40–70% случаев гибели связаны с сердечно-сосудистыми заболеваниями и несчастными случаями, 10–20% – с онкологическими заболеваниями, на долю смертельных генетических повреждений приходится 1–2%.

2. Злокачественные опухоли в структуре смертности коренного населения Крайнего Севера сравнимы с таковыми по СССР (около 18%). По показателям смертности на 1 тыс. населения – в 2 раза выше, чем в бывшем СССР. Достоверного увеличения этого показателя в динамике за 20 лет не регистрировалось.

3. Состояние здоровья аборигенов на Европейском Севере по основным показателям соответствует среднероссийскому уровню, а в Азиатском секторе Арктики у коренных жителей отмечается самая низкая в стране продолжительность жизни, самая высокая пораженность раком пищевода и опухолями центральной нервной системы.

4. Авторы выделяют нерадиационные факторы, влияющие на состояние здоровья коренных народов Крайнего Севера России [6, 20]:

- неблагоприятные климатические условия, зачастую экстремального характера;

- примитивность бытовых условий, монотонность питания с недостатком овощей и фруктов;

- высокая роль алкоголя в естественной убыли населения: первопричиной 10–17% случаев всех случаев смерти, в том числе суицидов (около 4%), несчастных случаев (от 8 до 10%), является алкоголь. Около 2% всех случаев смерти на Крайнем Севере сопровождается диагнозом «Алкогольная интоксикация»;

- загрязнение среды обитания стойкими токсическими веществами с накоплением их в организме при потреблении традиционной пищи.

В начале 2000-х научные исследования последствий глобальных выпадений в арктических регионах России проводились специалистами Института совместно с исследователями из Норвегии, Дании, Нидерландов, Финляндии, Швеции, Великобритании. Указанные рабо-

ты выполнялись в рамках большого международного проекта AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Programme). От Института в них принимали участие П.В. Рамзаев, Г.И. Мирецкий, В.Н. Шутов, М.И. Балонов, Г.Я. Брук, В.Ю. Голиков, В.Н. Шутов, И.Г. Травникова. Полученные результаты опубликованы в ряде отчетов [56, 57] и научных статей [58-60].

### Заключение

Глобальные выпадения радиационно значимых радионуклидов Cs-137 и Sr-90 после проведенных испытаний ядерного оружия привели к изменению радиационно-гигиенической обстановки на Крайнем Севере России, обусловленному феноменом концентрации указанных выше изотопов в пищевой цепочке «лишайник – олень – человек». Несмотря на увеличение дозовых нагрузок в пиковый период и последующие годы, радиационно-гигиеническая оценка здоровья коренных народов Крайнего Севера России в связи с радиационным фактором находится в области оценки эффективности малых доз радиации по сравнению с другими факторами риска в регионе. Дозовые нагрузки на аборигенов Севера от техногенной компоненты значимо не влияют на уровень общей естественной убыли населения и смертности по основным причинам на фоне естественных флюктуаций показателей, обусловленных другими факторами.

За последние 35 лет (по данным на 2006 г.) сформировалась выраженная тенденция к уменьшению дозовых нагрузок, получаемых коренным населением Севера через пищевую цепь «лишайник – олень – человек» за счет снижения доз от искусственных радионуклидов (главным образом от цезия-137 в 15–50 раз). Уровни, структура и временная динамика смертности коренного населения от злокачественных заболеваний свидетельствуют об отсутствии добавочного онкологического риска, связанного с фактическими дозами ионизирующего излучения среди коренного населения Севера РФ [20].

Результаты работ и выводы, полученные специалистами Института при исследовании глобальных выпадений на территории Крайнего Севера, не потеряли свою актуальность и по настоящее время. Они использовались для создания современной модели поведения радионук-

лидов цезия и стронция в арктических экосистемах, анализа последствий так называемых «мирных» подземных ядерных взрывов, изучения последствий Чернобыльской аварии и разработки мер защиты населения, а также радиационно-гигиенической оценки особенностей радиоактивного загрязнения территорий на Дальнем Востоке России после аварии на АЭС «Фукусима-1» [55].

### Литература

1. Ядерные взрывы в СССР. Северный испытательный полигон: справ. инф. / под ред. акад. В.Н. Михайлова. 2-е изд. перераб. и доп. СПб: НПО Радиевый институт им. В.Г. Хлопина, 1999. 163 с.
2. Радиационно-гигиенические аспекты преодоления последствий аварии на Чернобыльской АЭС / под ред. акад. РАН Г.Г. Онищенко и проф. А.Ю. Поповой. СПб: НИИРГ им. П.В. Рамзаева, 2016. Т. 1. 448 с.
3. Романович И.К., Балонов М.И., Барковский А.Н. и др. Авария на АЭС «Фукусима-1»: организация профилактических мероприятий, направленных на сохранение здоровья населения Российской Федерации / под ред. акад. РАМН Г.Г. Онищенко. СПб.: НИИРГ им. проф. П.В. Рамзаева, 2012. 336 с.
4. Моисеев А.А., Рамзаев П.В. Цезий-137 в биосфере. М.: Атомиздат, 1975. 184 с.
5. Мирецкий Г.И., Рамзаев П.В., Захарченко М.П., Лучкевич В.С. Радиационный фактор на Крайнем Севере России. СПб: МЗ РФ, 1999. 204 с.
6. Шубик В.М., Мигунов В.И., Стамат И.П. Здоровье коренных жителей Крайнего Севера. (радиационно-гигиенические аспекты). СПб: НИИРГ им. П.В. Рамзаева, 2004. 226 с.
7. Троицкая М.Н., Рамзаев П.В., Моисеев А.А. Радиоэкология ландшафтов Крайнего Севера. Современные проблемы радиобиологии / под общ. ред. чл.-корр. АН СССР А.М. Кузина. М.: Атомиздат, 1971. Т.2: Радиоэкология, глава 13. С. 325-353 с.
8. Рамзаев П.В., Мирецкий Г.И., Троицкая М.Н., Петров А.А. Гигиеническая оценка радиационной обстановки в районах, прилегающих к Новоземельскому полигону. Новая Земля. Природа. История. Археология. Культура [труды МАКЭ]: под общ. ред. П.В. Боярского. М., 1998. Кн. 2., ч. 1: Культурное наследие. Радиоэкология. С. 222-233.
9. Невструева М.А. Об итогах научной деятельности Ленинградского научно-исследовательского института радиационной гигиены за 10 лет (1957-1967 гг.). // Труды по радиационной гигиене: под ред. М.А. Невструевой. Л., 1967. В.3. С. 3-11.
10. Белле Ю.С., Лебедев О.В., Моисеев А.А., и др. Прижизненные измерения радиоактивности человека в ЛНИИРГе в 1961-1966 гг. // Труды по радиационной гигиене: под ред. М.А. Невструевой. Л., 1967. В.3. С. 206-222.
11. Лисаченко Э.П. Комплекс низкофоновых гамма-спектрометров для радиационно-гигиенических исследований (Аппаратура и методики): автореф. дис... канд. техн. наук. М., 1970. 17 с.
12. Ермолаева-Маковская А.П., Литвер Б.Я. Свинец-210 и полоний-210 в биосфере / под ред. П.В. Рамзаева. М.: Атомиздат, 1978. 160 с.
13. Нижников А.И., Ермолаева-Маковская А.П., Ибатуллин М.С., и др. Свинец-210, полоний-210, радий-226, торий-228 и плутоний-239 в цепочке лишайник-олень-человек на Крайнем Севере СССР. М.: Атомиздат, 1973. С. 3-9.
14. Литвер Б.Я., Рамзаев П.В., Моисеев А.А., и др. Свинец-210 и полоний-210 в приарктических районах восточного Севера. М.: Атомиздат, 1969. С. 3-12.
15. Литвер Б.Я., Моисеев А.А., Рамзаев П.В. Стронций-90 и полоний-210 в костях жителей Крайнего Севера в 1965 г. М.: Атомиздат, 1967. С. 3-8.
16. Литвер Б.Я. Свинец-210, полоний-210, торий-228 в биосфере Крайнего Севера СССР. М.: Атомиздат, 1976. 12 с.
17. Шубик В.М. Ядерные взрывы на Новой Земле (Радиационная иммунология Крайнего Севера). СПб, 1998. 137 с.
18. Рамзаев П.В. Гигиеническое исследование радиационной обстановки на Крайнем Севере СССР, обусловленной глобальными выпадениями: на соиск. учен. степ. д-ра мед. наук. Л., 1967. 397 с.
19. Троицкая М.Н. Гигиеническая оценка повышенных уровней облучения населения Крайнего Севера: автореф. дис... на соиск. учен. степ. д-ра мед. наук. Л., 1982. 39 с.
20. Дударев А.А. Основные закономерности и меры профилактики вредного воздействия стойких токсических веществ на здоровье коренных жителей Российского Севера: автореф. дис... на соиск. учен. степ. д-ра мед. наук. СПб, 2006. 42 с.
21. Литвер Б.Я. Миграция свинца-210 и полония-210 в цепочке лишайник-северный олень-человек: автореф. дис... на соиск. учен. степ. д-ра мед. наук. М, 1972. 28 с.
22. Ермолаева-Маковская А.П. Миграция свинца-210 и полония-210 из внешней среды в организм человека и вопросы нормирования: автореф. дис... на соиск. учен. степ. канд. мед. наук. Л., 1969. 14 с.
23. Попов А.О. Эколого-гигиеническая оценка радиационной обстановки на Крайнем Севере России (на примере Мурманской области и Чукотки): автореф. дис... на соиск. учен. степ. канд. мед. наук. СПб, 2001. 18 с.
24. Колотвин В.А. Влияние инкорпорированного цезия-137 на иммунологические реакции: автореф. дис... на соиск. учен. степ. канд. мед. наук. Л., 1971. 17 с.
25. Невструева М.А., Моисеев А.А., Попов Д.К., Рамзаев П.В. Характеристика радиационного загрязнения биологической цепочки мох-олень-человек на Крайнем Севере СССР в 1961-1964 гг. // Документ НКДАР ООН А/АС.82/Г/Л-1027. М.: Атомиздат, 1964. 5 с.
26. Рамзаев П.В., Троицкая М.Н., Ибатуллин М.С. Статистические параметры обмена цезия-137 в организме человека // Документ НКДАР ООН А/АС.82/Г/Л-11183.- М.: Атомиздат, 1964. 5 с.
27. Прокофьев О.Н. Результаты исследований радиационно-гигиенической обстановки в РСФСР после стратосферных выпадений стронция-90 и цезия-137 в период с 1963 по 1978 гг. // Доклад НКРЗ 81-31.- М.: Атомиздат, 1982. 13 с.
28. Троицкая М.Н., Нижников А.И., Рамзаев П.В., и др. Цезий-137 и стронций -90 в биосфере Крайнего Севера СССР. М.: Атомиздат, 1981. 24 с.
29. Рамзаев П.В., Моисеев А.А., Троицкая М.Н. Основные итоги радиационно-гигиенических исследований миграции глобальных выпадений в приарктических районах СССР в 1959-1966 гг. М.: Атомиздат, 1967. 13 с.
30. Рамзаев П.В., Троицкая М.Н., Ибатуллин М.С., Колесников В.В. Статистические параметры обмена цезия-137 глобального происхождения у жителей арктических регионов. М.: Атомиздат, 1967. 19 с.
31. Рамзаев П.В. Вокруг заполярного полигона // Ядерные взрывы в СССР. М., 1992. В.1. С. 137-144.
32. Рамзаев П.В. Северный полигон: радиоэкологические последствия на прилегающих территориях // Ядерные взрывы в СССР. СПб, 1993. В.2. С. 264-269.
33. Рамзаев П.В., Невструева М.А., Ильин Л.А., и др. Результаты исследований глобальных выпадений на территории РСФСР // Атомная энергия. 1969. Т. 26, В.1. С 62- 64.
34. Нижников А.И., Невструева М.А., Рамзаев П.В., Моисеев А.А. Цезий-137 в цепочке лишайник-олень-человек на Крайнем Севере СССР (1962-1968 гг.). М.: Атомиздат, 1969. 15 с.
35. Моисеев А.А. Уровни содержания глобального цезия-137 в организме людей различных групп коренно-

- го населения Ненецкого национального округа в 1965 г. Гос. ком. по использованию атомной энергии СССР. М.: Атомиздат, 1967. 10 с.
36. Моисеев А.А. Прогноз уровней облучения коренных жителей Крайнего Севера за счет инкорпорированного глобального цезия-137. Гос. ком. по использованию атомной энергии СССР. М.: Атомиздат, 1967. 9 с.
  37. Рамзаев П.В., Троицкая М.Н., Ибатуллин М.С., и др. Радиоэкологические параметры цепочки «лишайник-северный олень-человек» // Гигиена и санитария. 1970. № 6. С. 38-42.
  38. Троицкая М.Н., Ермолаева А.П., Теплых Л.А., Рамзаев П.В. Источники и уровни облучения жителей крайнего севера // Гигиена и санитария. 1985. № 12. С. 30-32.
  39. Рамзаев П.В., Троицкая М.Н., Ибатуллин М.С. Метаболизм Cs-137 у человека // Медицинская радиология. 1969. № 8. С. 38-42.
  40. Рамзаев П.В., Троицкая М.Н., Ибатуллин М.С., и др. Особенности радиационно-гигиенической обстановки в районах Крайнего Севера (1959-1965 гг.) // Труды по радиационной гигиене: под ред. М.А. Невструевой. Л., 1967. В. 3. С. 251-261.
  41. Троицкая М.Н., Ермолаева А.П., Ибатуллин М.С., и др. Гигиеническая оценка радиоактивности внешней среды на Крайнем Севере // Радиационная гигиена: сб. научн. тр.; под ред. проф. П.В. Рамзаева. Л., 1975. В.5. С. 108-114.
  42. Троицкая М.Н., Ермолаева А.П., Мирецкий Г.И., и др. Радиационный фактор Крайнего Севера и вопросы здоровья населения // Радиационная гигиена: сб. научн. тр.; под ред. проф. П.В. Рамзаева. Л., 1981. С. 57-62.
  43. Данецкая Е.В., Рамзаев П.В., Ибатуллин М.С., Шакалова В.В. Профилактика последствий внутреннего облучения цезием-137 и стронцием-90 // Радиационная гигиена: сб. научн. тр.; под ред. проф. П.В. Рамзаева. Л., 1975. В.5. С. 197-202.
  44. Шубик В.М., Литвер Б.Я., Троицкая М.Н., и др. Характеристика иммунологических показателей у оленеводов при хроническом облучении инкорпорированными естественными и искусственными радионуклидами // Радиационная гигиена: сб. научн. тр.; под ред. проф. П.В. Рамзаева. Л., 1978. В.7. С. 111-115.
  45. Шубик В.М., Бронштейн И.Э., Королева Т.М., и др. Некоторые показатели здоровья коренных жителей Ханты-Мансийского автономного округа // Радиационная гигиена: сб. научн. тр. СПб, 2004. С. 187-191.
  46. Дикая Е.Я., Немцова М.А., Косырева Н.И., и др. Стронций-90 и цезий-137 во внешней среде и продуктах питания в 1960-1966 гг. // Труды по радиационной гигиене: под ред. М.А. Невструевой. Л., 1967. В.3. С. 261-270.
  47. Троицкая М.Н., Ермолаева-Маковская А.П., Ибатуллин М.С., и др. Искусственная и естественная радиоактивность цепочки лишайник – северный олень – человек в отдаленный период после ядерных испытаний // Радиационная гигиена: под редакцией проф. П.В. Рамзаева. Л., 1971. В.4: материалы республиканской конф. о радиационной гигиене. С. 101-102.
  48. Невструева М.А., Рамзаев П.В., Моисеев А.А., и др. Радиоактивность биосферы на Крайнем Севере СССР // Радиация и организм: сб. материалов конф. Обнинск, 1967. С. 14-16.
  49. Рамзаев П.В., Троицкая М.Н., Ермолаева А.П., и др. Верхлинейные эффекты малых доз ионизирующего излучения // Задачи гигиенической науки и практики в повышении качества госнадзора по контролю за использованием ядерной энергии в мирных целях: сб. науч. тр. Л., 1978. С. 140-144.
  50. Троицкая М.Н., Дмитриев И.М., Ермолаева-Маковская А.П., и др. О действии малых доз на некоторые биологические показатели оленей и оленеводов // Радиационная гигиена: под редакцией проф. П.В. Рамзаева. Л., 1971. В.4: материалы республиканской конф. о радиационной гигиене. С. 178-180.
  51. Мирецкий Г.И., Рамзаев П.В., Чугунов В.В., Шувалов И.Е. Законодательное обеспечение медико-экологического благополучия населения Арктики // Ноология. Экология. Здоровье. Гуманизм: материалы 2-й междунар. науч. конф., 21-24 января 1998. СПб, 1998. С. 11-113.
  52. Троицкая М.Н., Ермолаева А.П., Нижников А.И., Теплых Л.А. Дозы облучения населения Крайнего Севера. М.: ЦНИИ атоминформ, 1986. 11 с.
  53. Омельчук В.В. Профессор П.В. Рамзаев – ученый с мировым именем // Радиационная гигиена. 2014. Т. 7, № 3. С. 5-8.
  54. Омельчук В.В., Архангельская Г.В., Звонова И.А. Международные аспекты деятельности профессора П.В. Рамзаева // Актуальные вопросы радиационной гигиены: сб. тез. конф. СПб, 2014. С. 153-154.
  55. Онищенко Г.Г., Звонова И.А., Балонов М.И., и др. Научное наследие профессора Павла Васильевича Рамзаева // Радиационная гигиена. 2019. Т. 12, № 2 (спецвып.). С. 9-19.
  56. AMAP, 1998. AMAP Assessment Report: Arctic Pollution Issues. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Chapter 8 Radioactivity, Oslo, Norway. P. 526-620.
  57. AMAP Assessment 2002: Radioactivity in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). Oslo, 2004. 111 p.
  58. Travnikova I.G., Shutov V.N., Bruk G.Ya., et al. Assessment of current exposure levels in different population groups of the Kola Peninsula // Journal of Environmental Radioactivity. 2002. Vol. 60. P. 235-248.
  59. Golikov V., Logacheva I., Bruk G., et al. Modelling of long-term behaviour of caesium and strontium radionuclides in the Arctic environment and human exposure // Journal of Environmental Radioactivity. 2004. Vol. 74. P. 159-169.
  60. Strand P., Howard B.J., Aarkrog A., et al. Radioactive contamination in the ArcticFsources, dose assessment and potential risks // Journal of Environmental Radioactivity. 2002. Vol. 60. P. 5-21.

Поступила: 17.04.2020 г.

**Омельчук Василий Владимирович** – доктор медицинских наук, доцент, ученый секретарь Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова Министерства здравоохранения Российской Федерации. **Адрес для переписки:** 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: vasily.omelchuk@yandex.ru

**Для цитирования: Омельчук В.В. Радиационно-гигиеническая характеристика глобальных выпадений радионуклидов в арктических регионах России (по данным НИИ радиационной гигиены им. П.В. Рамзаева) // Радиационная гигиена. 2020. Т. 13, № 4. С. 51-66. DOI: 10.21514/1998-426X-2020-13-4-51-66**

## Radiation-hygienic characteristic of the global radionuclide fallout in the arctic regions of Russia (based on the data of the Institute of Radiation Hygiene after professor P.V. Ramzaev)

Vasiliy V. Omelchuk <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

<sup>2</sup> North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint-Petersburg, Russia

*The recent years are associated with active development of the coastal areas of the Russian arctic regions including a construction of the facilities of the extraction and processing of the hydrocarbons, the civil and military facilities. The nuclear weapon tests, performed by the USSR and other nuclear countries in the second half of the XX century, lead to the global radioactive fallout, including the fallout on coastal areas of the arctic regions of the USSR. Five most powerful nuclear munitions were tested on the Novaya Zemlya Test Site in the Arkhangelsk region. The Institute of Radiation Hygiene after professor P.V. Ramzaev (before 1994 – the Leningrad Scientific-Research Institute of Radiation Hygiene) has accumulated a 20-year experience of the radiation-hygienic surveys on the assessment of the consequences of the nuclear weapon tests for the Far-North of the USSR: from the development of the equipment and methods for the extraction, analysis and measurement of the low levels of the radioactive isotopes in humans and environment, to the wide-scale radiation-hygienic surveys of the links in the “northern food chain” – lichen, reindeers and native inhabitants. The obtained data allowed performing a complex assessment of the role of the radiation factor in the health of the public residing on the coastal areas of the Arctic Ocean.*

**Key words:** global radioactive fallout, man-made radionuclides, “food chain” lichen-reindeer-human, activity concentration, doses to the public

### References

- Nuclear explosions in the USSR. Northern test-site: reference information. Ed. by acad. Mikhailov VN. 2<sup>nd</sup> ed. Saint-Petersburg, NPO Radium Institute after V.G. Khlopin; 1993. 163 p. (In Russian).
- Radiation-hygienic aspects of the consequences of the Chernobyl NPP accident. Ed. by Academ. of the RAS Onischenko G.G. and prof. Popova A.Yu. Saint-Petersburg: NIIRG after P.V. Ramzaev; 2016. Vol. 1. 448 p. (In Russian)
- Romanovich IK, Balonov MI, Barkovsky AN, Nikitin AI, et al. Accident on the “Fukushima-1” NPP: development of the prophylactic measures aimed at the preservation of the health of the public of the Russian Federation. Ed. by Academ. of the RAMN Onischenko G.G. Saint-Petersburg: NIIRG after P.V. Ramzaev; 2012. 336 p. (In Russian)
- Moiseev AA, Ramzaev PV. <sup>137</sup>Cs in biosphere. Moscow: Atomizdat; 1975. 184 p. (In Russian)
- Miretskiy GI, Ramzaev PV, Zakharchenko MP, Luchkevich VS. Radiation factor on the Far North of Russia. Saint-Petersburg; 1999. 204 p. (In Russian)
- Shubik VM, Migunov VI, Stamat IP. Health of the native inhabitants of the Far North (radiation-hygienic aspects). Saint-Petersburg: NIIRG after P.V. Ramzaev; 2004. 226 p. (In Russian)
- Troitskaya MN, Ramzaev PV, Moiseev AA. Radioecology of the landscapes of the Far North. Modern issues of radiobiology. Ed. by corr. Member of AN USSR Kuzin AM. Atomizdat; 1971. Vol. 2 (Radioecology, ch. 13). P. 325-353 (In Russian)
- Ramzaev PV, Miretskiy GI, Troitskaya MN, Petrov AA. Hygienic assessment of the radiation situation in the regions neighboring to Novozemelskiy test-site. Novaya Zemlya. Nature. History. Archeology. Culture [Annals of MAKE]. Ed. by Boyarsky PV. Moscow; 1998. book 2 (part 1 (Cultural legacy, Radioecology)). P. 222-233 (In Russian).
- Nevstrueva MA. On the results of the scientific activities of the Leningrad scientific-research institute of radiation hygiene in 10 years (1957-1967). Annals on radiation hygiene: ed. by Nevstrueva M.A. Leningrad; 1967. Issue 3. P. 3-11 (In Russian).
- Belle YuS, Lebedev OV, Moiseev AA, Romanov LR, Spirin VD, Shchamov VP, et al. Intravital measurements of the human radioactivity in LNIIRG in 1961-1966. Annals on radiation hygiene: ed. by Nevstrueva M.A. Leningrad; 1967. Issue 3. P. 206-222 (In Russian).
- Lisachenko EP. Complex of the low-background gamma-spectrometers for the radiation-hygienic studies (equipment and methods). Abstract of PhD thesis. Moscow; 1970. 17 p. (In Russian).
- Ermolaeva-Makovskaya AP, Litver BYa. 210-Lead and 210-Polonium in the biosphere. Ed. by Ramzaev P.V. Moscow: Atomizdat; 1978. 160 p. (In Russian).
- Nizhnikov AI, Ermolaeva-Makovskaya AP, Ibatullin MS, Lisachenko EP, Ramzaev PV, et al. 210-Lead, 210-Polonium, 225-Radium, 228-Thorium and 239-Plutonium in the chain lichen-deer-human of the Far North of the USSR. Moscow: Atomizdat; 1973. P. 3-9 (In Russian).
- Litver BYa, Ramzaev PV, Moiseev AA, Troitskaya MN, Krisyuk EM, Lisachenko EP, et al. 210-Lead and 210-Polonium in the subarctic regions of the eastern North. Moscow: Atomizdat; 1969. P. 3-12 (In Russian).
- Litver BYa, Moiseev AA, Ramzaev PV. 90-Strontium and 210-Polonium in the bones of the residents of Far North in 1965. Moscow: Atomizdat; 1967. P. 3-8 (In Russian).
- Litver BYa. <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Po, <sup>228</sup>Th in the biosphere of the Far North of the USSR. Moscow: Atomizdat; 1976. 12 p. (In Russian).
- Shubik VM. Nuclear explosions on the Novaya Zemlya (radiation immunology of the Far North). Saint-Petersburg; 1998. 137 p. (In Russian).

**Vasiliy V. Omelchuk**

Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev

**Address for correspondence:** Mira str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: vasiliy.omelchuk@yandex.ru

18. Ramzaev PV. Hygienic survey of the radiation situation on the Far North of the USSR due to the global fallouts: abstract of doctoral thesis. Leningrad; 1967. 397 p. (In Russian).
19. Troitskaya MN. Hygienic assessment of the increased levels of exposure of the residents of the Far North: abstract of doctoral thesis. Leningrad; 1982. 39 p. (In Russian).
20. Dudarev AA. Major trends and measures of prophylactics of hazardous exposure of the stable toxic substances on the health of the native inhabitants of the Russian North: abstract of doctoral thesis. Saint-Petersburg; 2006. 42 p. (In Russian).
21. Litver BYa. Migration of the 210-Lead and 210-Polonium in the chain lichen-northern deer-human: abstract of doctoral thesis. Moscow; 1972. 28 p. (In Russian).
22. Ermolaeva-Makovskaya AP. Migration of 210-Lead and 210-Polonium from the environment to the human body and the issues of regulation: abstract of doctoral thesis. Leningrad; 1969. 14 p. (In Russian).
23. Popov AO. Ecological-hygienic assessment of the radiation situation on the Far North of Russia (on the example of Murmansk region and Chukotka). Abstract of PhD thesis. Saint-Petersburg; 2001. 18 p. (In Russian).
24. Kolotvin VA. Impact of the incorporated caesium-137 on the immunologic reactions. Abstract of PhD thesis. Leningrad; 1971. 17 p. (In Russian).
25. Nevstrueva MA, Moiseev AA, Popov DK, Ramzaev PV. Characteristics of the radioactive contamination of the biological chain moss-deer-human on the Far North of the USSR in 1961-1964. Report of the UNSCEAR A/AC.82/G/L-1027. Moscow: Atomizdat; 1964. 5 p. (In Russian).
26. Ramzaev PV, Troitskaya MN, Ibatullin MS. Statistical parameters of the caesium-137 metabolism in the human body. Report of the UNSCEAR A/AC.82/G/L-11183. Moscow: Atomizdat; 1964. 5 p. (In Russian).
27. Prokofyev ON. Results of the surveys of the radiation-hygienic situation in RSFSR after the stratosphere fallouts of strontium-90 and caesium-137 in 1963-1978. ICRP report 81-31. Moscow: Atomizdat; 1982. 13 p. (In Russian).
28. Troitskaya MN, Nizhnikov AI, Ramzaev PV, Dikaya EYa, Ermolaeva AP, Litver BYa. Caesium-137 and strontium-90 in the biosphere of the Far North of the USSR. Moscow: Atomizdat; 1981. 24 p. (In Russian).
29. Ramzaev PV, Moiseev AA, Troitskaya M.N. Main results of the radiation-hygienic surveys of the migration of the global fallouts in the subarctic regions of the USSR in 1959-1966. Moscow: Atomizdat; 1967. 13 p. (In Russian).
30. Ramzaev PV, Troitskaya MN, Ibatullin MS, Kolesnikov VV. Statistical parameters of the metabolism of caesium-137 from the global fallouts for the residents of arctic regions. Moscow: Atomizdat; 1967. 19 p. (In Russian).
31. Ramzaev PV. Around the transpolar test-site. *Yadernye vzryvy v SSSR = Nuclear explosions in the USSR*. Moscow; 1992;1: 137-144 (In Russian)
32. Ramzaev PV. Northern test-site: radioecological consequences on the neighboring territories. *Yadernye vzryvy v SSSR = Nuclear explosions in the USSR*. Saint-Petersburg; 1993;2: 264-269 (In Russian)
33. Ramzaev PV, Nevstrueva MA, Ilyin LA, Prokofyev ON, Popov DK, Shvydko NS, et al. Results of the surveys on the global fallouts on the territory of the RSFSR. *Atomnaya energiya = Atomic energy*. 1969;26(1): 62-64 (In Russian)
34. Nizhnikov AI, Nevstrueva MA, Ramzaev PV, Moiseev AA. Caesium-137 in the chain lichen-deer-human on the Far North of the USSR (1962-1968). Moscow: Atomizdat; 1969. 15 p. (In Russian)
35. Moiseev AA. Levels of concentration of the global caesium-137 in the representatives of different groups the native inhabitants of the Nenetsk national district in 1965. State committee on the use of the atomic energy of the USSR. Moscow: Atomizdat; 1967. 10 p. (In Russian)
36. Moiseev AA. Prognosis of the levels of exposure of the native inhabitants of the Far North from the incorporated global Caesium-137. State committee on the use of the atomic energy of the USSR. Moscow: Atomizdat; 1967. 9 p. (In Russian)
37. Ramzaev PV, Troitskaya MN, Ibatullin MS, Moiseev AA, Nizhnikov AI, Dmitriev IM. Radioecological parameters of the chain «lichen-northern deer-human». *Gigiena i sanitariya = Hygiene and sanitation*. 1970;6: 38-42. (In Russian)
38. Troitskaya MN, Ermolaeva AP, Teplykh LA, Ramzaev PV. Sources and levels of exposure of the residents of the Far North. *Gigiena i sanitariya = Hygiene and sanitation*. 1985;12: 30-32 (In Russian)
39. Ramzaev PV, Troitskaya MN, Ibatullin MS. Metabolism of Cs-137 in humans. *Meditsinskaya radiologiya = Medical radiology*. 1969;8: 38-42 (In Russian)
40. Ramzaev PV, Troitskaya MN, Ibatullin MS, Moiseev AA, Nizhnikov AI, Kolesnikov VV, et al. Features of the radiation-hygienic situation in the regions of Far North. *Annals of the radiation hygiene*: ed. by Nevstrueva M.A. Leningrad; 1967;3: 251-261 (In Russian)
41. Troitskaya MN, Ermolaeva AP, Ibatullin MS, Litver BYa, Nizhnikov AI, Ramzaev PV, et al. Hygienic assessment of the environmental radioactivity on the Far North. *Radiation Hygiene*: ed. by prof. Ramzaev P.V. Leningrad; 1975. Issue 5. P. 108-114 (In Russian)
42. Troitskaya MN, Ermolaeva AP, Miretskiy GI, Nizhnikov AI, Teplykh LA, Shubik VM. Radiation factor of the Far North and issues of public health. *Radiation Hygiene*: ed. by prof. Ramzaev P.V. Leningrad; 1981. P. 57-62 (In Russian)
43. Danetskaya EV, Ramzaev PV, Ibatullin MS, Shakalova VV. Prophylactics of the consequences of the internal exposure with caesium-137 and strontium-90. *Radiation Hygiene*: ed. by prof. Ramzaev P.V. Leningrad; 1975. Issue 5. P. 197-202 (In Russian)
44. Shubik VM, Litver BYa, Troitskaya MN, Miretskiy GI, Myagi EG, Pribytok AA, et al. Characteristics of the immunological indicators for the deer-herders due to the chronic exposure by the incorporated natural and artificial radionuclides. *Radiation Hygiene*: ed. by prof. Ramzaev P.V. Leningrad; 1978. Issue 7. P. 111-115 (In Russian)
45. Shubik VM, Bronshteyn IE, Koroleva TM, Nuralov VN, Strelnikova NK, Sukalskaya SYa, et al. Some health indicators of the native inhabitants of the Hanti-Mansiyskiy autonomous district. *Radiation hygiene*. Saint-Petersburg; 2004. P. 187-191 (In Russian)
46. Dikaya EYa, Nemtsova MA, Kosyreva NI, Antonova VA, Ponikarov VI, Drichko VF, et al. Strontium-90 and cesium-137 in the environment and food products in 1960-1966. *Annals of radiation hygiene*: ed. by Nevstrueva M.A. Leningrad; 1967. Issue 3. P. 261-270 (In Russian)
47. Troitskaya MN, Ermolaeva-Makovskaya AP, Ibatullin MS, Litver BYa, Nizhnikov AI, Teplykh LA. Artificial and natural radioactivity of the chain lichen-northern deer-human in the distant period after the nuclear tests. *Radiation hygiene: proceedings of the republican conference on the radiation hygiene*. Ed. by prof. Ramzaev P.V. Leningrad; 1971. P. 101-102 (In Russian)
48. Nevstrueva MA, Ramzaev PV, Moiseev AA, Troitskaya MN, Ibatullin MS, Nizhnikov AI, et al. Radioactivity of the biosphere in the Far North of the USSR. *Radiation and organism: proceedings of the conference*. Obninsk; 1967. P. 14-16 (In Russian)
49. Ramzaev PV, Troitskaya MN, Ermolaeva AP, Ibatullin MS, Moiseev AA, Nizhnikov AI, et al. Superlinear effects of the low doses of ionizing exposure. Objectives of the hygienic science and practice for the improvement of state sanitary surveillance on the control of the use of the atomic energy in peaceful applications. Leningrad; 1978. P. 140-144 (In Russian)

50. Troitskaya MN, Dmitriev IM, Ermolaeva-Makovskaya AP, Nizhnikov AI, Ramzaev PV. On the effects of the low doses on different biological indicators of the deers and deer-herders. Radiation hygiene: proceedings of the republican conference on the radiation hygiene. Ed. by. prof. Ramzaev P.V. 1971. Issue 4. P. 178-180 (In Russian)
51. Miretskiy GI, Ramzaev PV, Chugunov VV, Shuvalov IE. Legislative provision of the medical-ecological well-being of the Arctic population. Noology. Ecology. Humanism: proceeding of the 2nd international scientific conference 21-24.01.1998. Saint-Peterdurg; 1998. P. 11-113 (In Russian)
52. Troitskaya MN, Ermolaeva AP, Nizhnikov AI, Teplykh LA. Doses to the population of the Far North. Moscow: CNII Atominform; 1986. 11 p. (In Russian)
53. Omelchuk VV. Professor P.V. Ramzaev – a globally renowned scientist. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2014;7(3): 5-8 (In Russian)
54. Omelchuk VV, Arkhangelskaya GV, Zvonova IA. International aspects of the activities of prof. P.V. Ramzaev. Actual issues of the radiation hygiene: proceedings of the conference. Saint-Petersburg; 2014. P. 153-154 (In Russian)
55. Onischenko GG, Zvonova IA, Balonov MI, Ramzaev VP, Repin VS. Scientific legacy of the professor P.V. Ramzaev. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2019;12(2 (special issue)): 9-19 (In Russian)
56. 56. AMAP, 1998. AMAP Assessment Report: Arctic Pollution Issues. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Chapter 8 Radioactivity, Oslo, Norway. P. 526-620.
57. 57. AMAP Assessment 2002: Radioactivity in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). Oslo; 2004. 111 p.
58. 58. Travnikova IG, Shutov VN, Bruk GYa, Balonov MI, Skuterud L, Strand P, et al. Assessment of current exposure levels in different population groups of the Kola Peninsula. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2002;60: 235–248.
59. 59. Golikov V, Logacheva I, Bruk G, Shutov V, Balonov M, Strand P, et al. Modelling of long-term behaviour of caesium and strontium radionuclides in the Arctic environment and human exposure. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2004;74: 159–169.
60. 60. Strand P, Howard BJ, Aarkrog A, Balonov M, Tsaturov Y, Bewers JM, et al. Radioactive contamination in the ArcticFsources, dose assessment and potential risks. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2002;60: 5–21.

Received: 17 April, 2020

**For correspondence: Vasiliy V. Omelchuk** – Doctor of Medical Sciences, Docent, Scientific Secretary, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being; North-Western State Medical University after I.I. Mechnikov of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation. (Mira str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: vasily.omelchuk@yandex.ru)

**For citation: Omelchuk V.V. Radiation-hygienic characteristic of the global radionuclide fallout in the arctic regions of Russia (based on the data of the Institute of Radiation Hygiene after professor P.V. Ramzaev). *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2020. Vol. 13, No 4. P. 51-66. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2020-13-4-51-66**