

**"Радиационно-гигиеническая  
характеристика глобальных выпадений  
радионуклидов в Арктических регионах  
России".**

**В.В. Омельчук**

**Доктор медицинских наук, профессор ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И.  
Мечникова; ученый секретарь ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева  
Роспотребнадзора.**

**Санкт-Петербург  
2019 год**

# **Начало испытаний атомного оружия**

- **16 июля 1945 г. США в рамках Манхэттенского проекта на полигоне Аламогордо (штат Нью-Мексико) взорвана атомная бомба, равная по мощности 21 килотонне тротила.**
- **29 августа 1949 г. Семипалатинск (Казахстан) – взорвана атомная бомба, равная по мощности 22 килотоннам тротила.**

# Испытания атомного оружия в СССР за период с 1949 по 1962 гг.

| Дата, место взрыва  | Способ взрыва, мощность   | Особенности   |
|---|---|---|
| 30.10.1961г.,<br>Новая Земля                                  | Воздушный<br>«Царь бомба»<br>(она же<br>«Кузькина<br>мать»),<br>58 Мт | <b><u>Самый мощный ядерный взрыв в истории человечества.</u></b> Испытание сверхмощного заряда (номинально до 100 Мт). Ядерный гриб поднялся на высоту 65 километров, диаметр его «шляпки» составил 95 километров, ударная волна трижды обогнула Землю, звуковая - дошла до острова Диксон в 800 км от Новой Земли. Самолет, с которого была сброшена бомба, к моменту взрыва успел улететь на 250 км, ударная волна его догнала, но катастрофы удалось избежать. |
| 1962 г.<br>Новая<br>Земля.<br>24.12.;05.08;<br>27.09.; 25.09. | Воздушный<br>24,2; 21,1;<br>20,0 и 19,1<br>Мт                         | <b><u>Крупнейшие в истории человечества испытания атомного оружия.</u></b> Соответственно, <b><u>второй, третий, четвертый и пятый</u></b> по мощности воздушные взрывы.  |

**Всего в СССР с 1949 по 1962 гг. в ходе испытаний ядерного оружия проведено более двухсот взрывов: воздушные (бомбы, ракеты), наземные, подземные и подводные (торпеды), космические (ракеты).**

**Всего в мире в ходе испытаний атомного оружия  
произведено более 2000 взрывов.**

5 августа 1963 г. в Москве СССР, США и Великобритания подписали Договор о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, космическом пространстве и под водой.

В настоящее время участниками Договора является 131 государство.

В 1996 году подписан Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний. Страны, ратифицировавшие договор, обязались не возобновлять испытания ядерного оружия.

# Особенности радиоизотопного состава, образующегося при атомных взрывах

- \* Продуктами деления ядерного горючего U-235, U-238, Pu-239 при атомном взрыве является сложная смесь из 200 изотопов 36 химических элементов с периодами полураспада от 1 сек. до млн. лет.
- \* По характеру излучения все они относятся к бета- и гамма+бета-излучателям, кроме Sm-147 (самарий) и Nd-144 (ниобий), относящихся к альфа-излучателям.

# Глобальные выпадения радионуклидов на поверхность Земли

- ***Выпадения из тропосферы*** (нижний слой атмосферы Земли, высотой, в среднем, 16-18 км, 9 км - над полюсами). Аэрозоли в результате меридионального и широтного переноса воздушных масс распространяются на несколько тысяч километров от места взрыва. Время нахождения долгоживущих радионуклидов в тропосфере обычно составляет, **в среднем, около 30 суток;**
- ***Выпадения из стратосферы*** (высота слоя составляет в среднем 11-50 км от поверхности Земли). Из-за крайней разреженности и почти отсутствия водного пара с низкими значениями давления воздуха (в нижней части стратосферы в 10 раз меньше приповерхностного, а в верхней части — в 100 раз) радиоактивные вещества хорошо перемещиваются. Время их выпадения на Землю зависит от высоты, мощности, географической широты места взрыва, времени года, метеоусловий, крупнодисперсности образовавшихся аэрозолей и **составляет от 6 мес. до 2-3 лет.**

## Периоды полураспада некоторых радионуклидов, образующихся при атомном взрыве

| Изотоп        | Элемент         | Период полураспада |
|---------------|-----------------|--------------------|
| Cs-134        | Цезий           | 2,1 года           |
| <b>Cs-137</b> | <b>Цезий</b>    | <b>30 лет</b>      |
| I-131         | Йод             | 8 дней             |
| Xe-133        | Ксенон          | 5,3 дня            |
| Mo-99         | Молибден        | 2,8 дня            |
| Zn-95         | Цирконий        | 64 дня             |
| Ru-103        | Рутений         | 39 дней            |
| Ru-106        | Рутений         | 368 дней           |
| Ba-140        | Барий           | 12,7 дня           |
| Ce-141        | Церий           | 32,5 дня           |
| Ct-144        | Церий           | 284 дня            |
| Sr-89         | Стронций        | 59,5 дня           |
| <b>Sr-90</b>  | <b>Стронций</b> | <b>29,2 лет</b>    |

**Количество образовавшихся Cs- 137 и Sr-90 в результате всех проведенных до 1963 г. испытаний атомного оружия, рассчитанное из предполагаемой мощности взорванных ядерных устройств**

| Год испытаний  | Суммарная мощность взрыва, Мт |                 | Количество образовавшихся радионуклидов Cs-137 и Sr-90, МКи |                                    |
|--|-------------------------------|-----------------|---|------------------------------------|
|  | воздушные взрывы              | наземные взрывы | Cs- 137   | Sr-90                              |
| 1945-1951  | 0,2                           | 0,6             | 0,088   | 0,051                              |
| 1952-1954  | 1,0                           | 59,0            | 6,46  | 3,8                                |
| 1955-1956  | 11,0                          | 17,0            | 2,23  | 1,31                               |
| 1957-1958  | 57,0                          | 28,0            | 6,8   | 4,0                                |
| 1959-1960  | -                             | 0,07            | 0,012   | 0,007                              |
| 1961   | 120                           | -               | 4,25  | 2,5                                |
| 1962   | 217                           | -               | 12,9  | 7,58                               |
| 1945-1962  | 406,2                         | 104,67          | 32,74   | 19,24                              |
| <b>Для сравнения: при аварии на ЧАЭС 26.04.1986 г. в атмосферу выброшено Cs- 137 и Sr-90</b> |                               |                 | <b>Около 2,3 МКи<br/>(85 ПБк)</b>                           | <b>Около 0,27 МКи<br/>(10 ПБк)</b> |

## Суммарное отложение Cs-137 и Sr-90 на поверхности Земли в результате проведенных испытаний ядерного оружия, МКи

| Год испытаний | Суммарное отложение Cs-137 и Sr-90, МКи<br>(Cs-137 / Sr-90) |                 |
|---------------|---|-----------------|
|               | Северное полушарие  | Южное полушарие |
| До 1958       | 2,720 / 1,60  | 0,960 / 0,564   |
| 1958          | 3,648 / 2,145   | 10,944 / 6,437  |
| 1959          | 5,216 / 3,068   | 1,600 / 0,941   |
| 1960          | 5,504 / 3,237   | 1,824 / 1,072   |
| 1961          | 5,920 / 3,482   | 2,064 / 1,214   |
| 1962          | 9,344 / 5,496   | 2,416 / 1,421   |
| 1963          | 12,016 / 7,068  | 2,848 / 1,675   |
| 1964          | 14,336 / 8,432  | 3,456 / 2,032   |
| 1965          | 15,200 / 8,941  | 3,936 / 2,315   |
| 1966          | 15,344 / 9,025  | 4,288 / 2,522   |
| 1967          | 15,232 / 8,960  | 4,240 / 2,494   |
| 1968          | 15,168 / 8,922  | 4,304 / 2,531   |
| 1969          | 15,040 / 8,847  | 4,416 / 2,597   |
| 1970          | 14,992 / 8,818  | 4,512 / 2,654   |
| 1971          | 14,928 / 8,781  | 4,640 / 2,729   |
| 1972          | 14,688 / 8,64   | 4,672 / 2,748   |

## Широтное распределение глобальных выпадений Cs- 137 и Sr- 90 на поверхности Земли от всех ядерных испытаний

| Широтный пояс<br>Земли | Площадь,<br>$10^4 \times \text{км}^2$ | Население, % | Суммарное отложение<br>Cs- 137 и Sr-90, мКи/км <sup>2</sup><br>(Cs- 137 / Sr-90 ) |
|------------------------|---------------------------------------|--------------|---|
| 70-80° с.ш.            | 11,6                                  | -            | 28,0 / 16,4   |
| 60-70° с.ш.            | 18,9                                  | 0,4          | 72,32 / 42,54   |
| 50-60° с.ш.            | 25,6                                  | 11,9         | 120,48 / 70,87  |
| 40-50° с.ш.            | 31,5                                  | 17,7         | 133,92 / 78,77  |
| 30-40° с.ш.            | 36,4                                  | 23,4         | 96,00 / 56,47   |
| 20-30° с.ш.            | 40,2                                  | 25,2         | 74,40 / 43,76   |
| 10-20° с.ш.            | 42,8                                  | 8,4          | 50,24 / 29,55   |
| 0-10° с.ш.             | 44,1                                  | 4,0          | 32,80 / 19,29   |
| 0-10° ю.ш.             | 41,1                                  | 4,2          | 19,68 / 11,57   |
| 10-20° ю.ш.            | 42,8                                  | 1,7          | 16,18 / 9,51  |
| 20-30° ю.ш.            | 40,2                                  | 1,5          | 27,84 / 16,37   |
| 30-40° ю.ш.            | 36,4                                  | 1,4          | 29,76 / 17,50   |
| 40-50° ю.ш.            | 31,5                                  | 0,1          | 35,36 / 20,80   |
| 50-60° ю.ш.            | 25,6                                  | -            | 19,68 / 11,57   |

# Начало исследований по оценке последствий глобальных выпадений на землю радионуклидов от атомных взрывов

Конец 50-х годов XX века – начало систематических наблюдений за радиоактивным загрязнением внешней среды глобальными радиоактивными выпадениями.

- \* 1956 г. – Miller C.E., Marinelli Z.D. впервые обнаружили в организме человека Cs-137 глобального (искусственного) происхождения;
- \* 1959 г. – Palmer H.E., Hanson W.C., Griffin B.J., Roesch W.C. **Открытие арктической (северной) пищевой цепочки миграции радионуклидов глобального происхождения - «лишайник – олень – человек»;**
- \* 1960-1961 г. – объединенная группа ученых из скандинавских стран: Miettinen J.K. (Финляндия), Liden K. (Швеция), Andersson J. (Норвегия) и др. – **приоритет открытия повышенного содержания Cs-137 (в 10-100 раз более высокий, чем в др. районах земного шара) у коренных жителей Севера, питающихся олениной;**
- \* 1960-1970 гг. - многочисленные работы зарубежных авторов, посвященных миграции **Cs-137 в северной пищевой цепочке у коренных жителей на Аляске (США), в Канаде, Швеции, Норвегии, Финляндии, Гренландии.**
- \* С 1962 г. во многих странах проводятся систематические измерения концентрации Cs-137 в пищевых продуктах и рационе человека

## **Вклад специалистов Ленинградского НИИ радиационной гигиены в изучение последствий глобальных выпадений радионуклидов**

- В 1959 г. - начало работ в Институте по изучению последствий глобальных выпадений: «Основные итоги радиационно-гигиенических исследований миграции глобальных выпадений в приарктических районах СССР в 1959-1966 гг. М., Атомиздат, 1967. Авт.: П.В. Рамзаев, А.А. Моисеев, М.Н. Троицкая и др. Впервые в 1959 г. выявлен факт повышенного содержания смеси продуктов деления в лишайниках и оленине;
- 1962 г. – первые измерения в Институте содержания Cs-137 в организме оленеводов;
- В проблему изучения закономерностей миграции радионуклидов на Крайнем Севере СССР значительный вклад внесли многие специалисты Института, работающие над этой проблемой: М.А. Невструева, Г.Я. Астафьев, Н.А. Запольская, Д.К. Попов, А.И. Нижников, М.С. Ибатуллин, В.В. Колесников, Б.Я. Литвер, Л.А. Теплых, Ю.С. Белле, О.В. Лебедев, Д.И. Бельцев и др.

**Начиная с 1962 г. в Институте получена обширная информация, позволяющая дать оценку радиационной обстановке в различных районах Крайнего Севера СССР, охватывающих все советское побережье Северного Ледовитого океана.**



OM

# **Анатомо-физиологические особенности лишайников, определяющие повышенное содержание в них техногенных радионуклидов по сравнению с травянистыми растениями**

Повышенное содержание Cs-137 в лишайниках на Крайнем Севере объясняется не более высоким уровнем радиоактивных выпадений, чем в средних широтах, а анатомо-физиологическими особенностями лишайников:

- 1. Многолетний характер роста, воздушный тип питания.** Ветвистый лишайник длиной 6 см. вырастает в среднем за 50 лет.
- 2. Особый эффект аккумуляции ими радионуклидов объясняется величиной открытой сорбционной поверхности растения на ед. массы:** листья злаковых – до 200 см.кв./г; ветвистые лишайники – до 4000 см.кв./г. ( т.е. в 20 раз больше).
- 3. Лишайники обладают свойством сепарации Cs-137 от Sr-90** (соотношение их в выпадениях 1,6-1,7, в лишайниках – 4-10, что создает предпосылки для преимущественной роли Cs-137 по сравнению со Sr-90 (в организме оленей этот показатель возрастает до 400)).
- 4. В съедаемой оленями верхушке лишайника удельная активность Cs-137 в 5 раз больше, чем в его основании.**

**Удельная активность Cs- 137 в лишайниках (кладонии, центрарии) различных районов Крайнего Севера СССР (150 проб лишайников, отобранных в период 1961-1968 гг.)**

| Район                       | Время отбора проб | Удельная активность, нКи/кг, сухого вещества | Район                             | Время отбора проб            | Удельная активность, нКи/кг, сухого вещества |      |
|-----------------------------|-------------------|--|-----------------------------------|------------------------------|--|------|
| Мурманская область          | XII 1961          | 26±7   | Ямало-Ненецкий национальный округ | XII 1961                     | 18±2   |      |
|                             | V 1963            | 48±10  |                                   | II 1968                      | 36±4   |      |
|                             | III 1965          | 50±1   |                                   | Таймырский округ             | II 1968                                      | 13±3 |
|                             | XII 1965          | 27±4   |                                   |                              |  |      |
|                             | IV 1966           | 34±4   |                                   |                              |  |      |
|                             | II 1968           | 27±3   |                                   |                              |  |      |
| Коми АССР                   | XII 1961          | 11±2   | Якутская АССР                     | XII 1965                     | 24±7   |      |
|                             | VI 1964           | 74±6   |                                   | XII 1967                     | 21±4   |      |
|                             | III 1965          | 50±1   |                                   | II 1968                      | 12±5   |      |
|                             | V 1968            | 12±2   |                                   | Чукотский национальный округ | I 1967                                       | 5±1  |
| Ненецкий национальный округ | III 1962          | 17±2   | IV 1968                           |                              | 15±2   |      |
|                             | III 1965          | 43±4   | II 1968                           |                              | 13±2   |      |

# Результаты исследования 150 проб лишайников, отобранных в разных районах Крайнего Севера СССР

1. Не более двух-трехкратные различия в уровнях радиоактивного загрязнения различных районов (от Мурманской области до Чукотки);
2. Сопоставимые данные по США (Аляска), Финляндии, Норвегии, Швеции, Дании, Канаде, подтверждающее глобальный характер радиоактивных выпадений;
3. Лишайники загрязнены искусственными радионуклидами (Cs-137 и Sr-90) в 5-10 раз больше, чем однолетние травы, растущие в тундре;
4. Удельная активность Cs-137 и Sr-90 в лишайниках в 1965 г. была максимальной (рост с 1961 по 1965 гг. в 2-7 раз).
5. После 1966 г. наметился достоверный спад. В последующие годы снижение удельной активности радионуклидов проходило с периодом полуочищения ( $T_{1/2}$ ) около 4-5 лет (в ряде районов – от 3 до 8 лет, в Якутии – около 9 лет).
6. Значительно (в 2-3 раза) более медленное очищение лишайников по сравнению с однолетними растениями.
7. 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: максимум на Кольском полуострове (675 мм/год), минимум – Якутия (175 мм/год), остальные регионы – промежуточное положение.

# Удельная активность Cs-137 в мышцах северных оленей (среднее, ± стандартная погрешность)

| Район              | Время забоя оленей          | Удельная активность, нКи/кг | Район         | Время забоя оленей | Удельная активность, нКи/кг |           |
|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------|--------------------|-----------------------------|-----------|
| Мурманская область | XI – 1961                   | 24 (1)                      | Коми АССР     | VIII - 1964        | 3,4±0,3 (20)                |           |
|                    | VI – 1962                   | 33±2 (3)                    |               | V - 1965           | 81±7 (12)                   |           |
|                    | I – 1963                    | 39±2 (3)                    |               | X - 1966           | 30±3 (19)                   |           |
|                    | I - 1963                    | 48±7 (2)                    |               | XII - 1967         | 20±2 (7)                    |           |
|                    | II - 1964                   | 80±3 (6)                    |               | XI - 1961          | 9±2 (18)                    |           |
|                    | VII – 1964                  | 22±6 (3)                    |               | VI - 1962          | 14±1 (3)                    |           |
|                    | XII – 1964                  | 98±4 (6)                    |               | XII - 1964         | 66±4 (3)                    |           |
|                    | II - 1965                   | 96±8 (5)                    |               | II – 1965          | 55±3 (1)                    |           |
|                    | X - 1965                    | 74±4 (12)                   |               | X - 1961           | 8±1 (1)                     |           |
|                    | IV -1966                    | 79±4 (13)                   |               | VI - 1962          | 4±1 (2)                     |           |
|                    | XI - 1966                   | 57±2 (10)                   |               | XII – 1962         | 13±3 (3)                    |           |
|                    | I – 1968                    | 45±1 (19)                   |               | XII - 1964         | 22±2 (12)                   |           |
|                    | Ненецкий национальный округ | XI - 1961                   |               | 13±2 (5)           | I - 1965                    | 36±4 (1)  |
|                    |                             | VI - 1962                   |               | 11±2 (9)           | X - 1966                    | 16±6 (14) |
| XII - 1962         |                             | 18±3 (4)                    | II - 1967     | 20±3 (4)           |                             |           |
| XII - 1964         |                             | 53±2 (13)                   | XII – 1967    | 18±2 (10)          |                             |           |
| II - 1965          |                             | 56±2 (2)                    | XI - 1964     | 17±3 (18)          |                             |           |
| XII -1967          |                             | 35±2 (15)                   | I - 1965      | 12±1 (1)           |                             |           |
| Коми АССР          | XI - 1961                   | 21±1 (57)                   | Якутская АССР | X - 1965           | 13±1 (6)                    |           |
|                    | V - 1962                    | 16±2 (4)                    |               | XI - 1965          | 11±1 (4)                    |           |
|                    | XI - 1962                   | 13±1 (14)                   |               | XI - 1966          | 6±1 (18)                    |           |
|                    | V - 1963                    | 33±2 (2)                    |               | XII - 1967         | 8±1 (4)                     |           |
|                    | VI - 1963                   | 38±4 (6)                    |               | VI - 1962          | 8±1 (10)                    |           |
|                    | IX - 1963                   | 23±1 (4)                    |               | XII - 1964         | 25±2 (10)                   |           |
|                    | I - 1964                    | 45±10 (4)                   |               | VI - 1966          | 21±3 (6)                    |           |
|                    | V – 1964                    | 61±8 (4)                    |               | X - 1967           | 18±1 (3)                    |           |
|                    | XII - 1964                  | 12±2 (3)                    |               |                    |                             |           |
|                    |                             |                             |               |                    |                             |           |
|                    |                             |                             |               |                    |                             |           |

# Различия показателей удельной активности Cs-137 в мышцах оленей по семи административным районам Крайнего Севера СССР

1. Обнаружены существенные различия в показателях удельной активности Cs-137 в мышцах оленей по всему побережью. Максимальные значения (до 117 нКи/кг отмечены в 1964-1965 гг. в Мурманской обл. (Ловозерский р-н). Минимальные – на севере Якутской АССР (в 5-7 раз ниже);
2. При движении с запада (с Мурманской области) на восток обнаружено постепенное снижение удельной активности с минимальными показателями на севере Якутии;
3. 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 три летних месяца отмечен 18-кратный спад удельной активности с последующим подъемом к началу 1965 г.;
4. Причины резко выраженной сезонности удельной активности Cs-137 в оленине:
  - существенное сезонное изменение уровней радиоактивного загрязнения кормов (зимой лишайники являются основным кормом для оленей);
  - короткий биологический период полувыведения радионуклида из организма оленей - в среднем около 22 суток.
5. Динамика удельной активности Cs-137 в оленине с 1962 до начала 1965 г. характеризовалась непрерывным ростом. С весны 1966 г. снижение на 20%, начало 1967 г. снижение на 67% (Мурманская обл.). Дальнейшее снижение удельной активности замедлилось, период полувыведения возрос с 2,5 до 4-5 лет.

Эффективные эквивалентные дозы облучений оленей  
в 1964-1965 гг. (период наибольшего содержания радионуклидов в  
организме оленей)

| Район                  | ЭЭД (мЗв/год) |       |        |       |
|------------------------|---------------|-------|--------|-------|
|                        | Cs-137        | Sr-90 | Po-210 | Всего |
| Кольский<br>полуостров | 15            | 5     | 12     | 32    |
| Таймыр                 | 5             | 2     | 9      | 16    |
| Якутия                 | 3             | 2     | 7      | 12    |
| Чукотка                | 4             | 3     | 12     | 19    |

**Разделение жителей Крайнего Севера на условные группы по уровню накопления искусственных радионуклидов в организме, прямо пропорциональному поступлению их с рационом за счет оленины (10% - снег, исп. для питья и приготовления пищи, рыба, дикая птица).**

### **3 группы:**

1. Пастухи-оленеводы, члены их семей (10-100 тыс.чел).  
Среднесуточное потребление оленины – 250 гр. (мышцы).
2. Жители сельских поселков и небольших городов (200 тыс.).  
Среднесуточное потребление оленины – 20-100 гр.;
3. Жители крупных городов (Мурманск, Воркута, Норильск, Магадан– более 1 млн.чел.). Потребление оленины нерегулярно, от случая к случаю.

**Критическая группа - пастухи-оленеводы, члены их семей.**

# Содержание Cs-137 в организме пастухов-оленьеводов (измерения с помощью счетчиков излучения тела человека)

| Район                        | Дата обследования | Число оленеводов | Содержание Cs-137, нКи |                    |
|------------------------------|-------------------|------------------|------------------------|--------------------|
|                              |                   |                  | во всем организме      | на 1 кг массы тела |
| Мурманская обл.              | 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               |
| Коми АССР                    | II – 1968         | 22               | 2100±170               | 33±2               |
|                              | VII – 1962        | 3                | 230±50                 | 4±1                |
|                              | XI - 1962         | 5                | 350±100                | 5±2                |
|                              | V – 1964          | 26               | 1500±100               | 24±2               |
|                              | II - 1967         | 7                | 1500±100               | 21±2               |
| Таймырский округ             | V -1968           | 19               | 1600±130               | 24±2               |
|                              | VII – 1962        | 2                | 330±10                 | 5±1                |
|                              | VII – 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               |
|                              | I – 1965          | 7                | 400±50                 | 5±1                |
| Якутская АССР                | XII – 1965        | 6                | 400±70                 | 5±1                |
|                              | I - 1967          | 12               | 460±10                 | 8±1                |
|                              | III – 1968        | 13               | 400±35                 | 6±1                |
|                              | I – 1963          | 18               | 1700±20                | 25±2               |
| Чукотский национальный округ | IV – 1968         | 12               | 1200±130               | 17±2               |

## Уровни удельной активности Cs-137 у жителей Крайнего Севера России

1. В 1966 г. максимальные уровни удельной активности Cs-137 у жителей критической группы (оленеводов и членов их семей):
  - мужчины – в диапазоне 0,5-4,8 мкКи;
  - женщины – примерно 0,25-2,4 мкКи;
  - дети – 0,1-0,96 мкКи.
2. Значения удельной активности Cs-137 у взрослых второй группы – 0,03-0,5 мкКи.
3. У жителей третьей группы – не более чем в 2 раза отличается от значений жителей центральных районов СССР.

Наибольший уровень Cs-137 зарегистрирован в 1965-1966 гг. в организме оленеводов Мурманской обл. (в 8 раз больше, чем у коренных жителей Якутии).

В Мурманской, Архангельской обл., Республике Коми, на Таймыре и Чукотке содержание Cs-137 в организме оленеводов к 1981 г. снизилось в 5 раз по сравнению с максимальными значениями 1965-1966 гг.

Коэффициент корреляции между удельной активностью Cs-137 в оленине и в организме оленеводов равен  $+0,78 \pm 0,07$ .

Для прогнозирования уровней загрязнения Cs-137 в цепочке лишайник-олень-человек можно использовать эмпирическое соотношение: 1 мКи Cs-137/км.кв. максимально в равновесных условиях обуславливает загрязнение лишайников 1 нКи Cs-137/кг. сухого вещества, 2 н/ки/кг тела человека создает эквивалентную дозу облучения всего организма, равную 11 мбэр в год.

# Результаты 30-летних исследований удельной активности Cs-137 и Sr-90 и их соотношение в звеньях экологической цепочки «лишайник-олень-человек» в 1961-1992 гг., Бк/кг

| Район           | Лишайник                           |          |                                    |           | Олень                              |          |                                    |            | Человек                            |          |                                    |            |
|-----------------|------------------------------------|----------|------------------------------------|-----------|------------------------------------|----------|------------------------------------|------------|------------------------------------|----------|------------------------------------|------------|
|                 | 1961-1983                          |          | 1991-1994                          |           | 1961-1983                          |          | 1991-1994                          |            | 1961-1983                          |          | 1961-1983                          |            |
|                 | Cs-137/Sr-90,<br>их<br>соотношение |          | Cs-137/Sr-90,<br>их<br>соотношение |           | Cs-137/Sr-90,<br>их<br>соотношение |          | Cs-137/Sr-90,<br>их<br>соотношение |            | Cs-137/Sr-90,<br>их<br>соотношение |          | Cs-137/Sr-90,<br>их<br>соотношение |            |
| Мурманская обл. | <u>816</u>                         | <u>3</u> | <u>232</u>                         | <u>18</u> | <u>1480</u>                        | <u>1</u> | <u>300</u>                         | <u>7,5</u> | <u>888</u>                         | <u>9</u> | <u>77</u>                          | <u>8</u>   |
|                 | 295                                | 1        | 12                                 | 1         | 2966                               | 2        | 40                                 | 1          | 104                                | 1        | 8                                  | 1          |
| Ненецкий АО     | <u>814</u>                         | <u>4</u> | <u>248</u>                         | <u>20</u> | <u>1000</u>                        | <u>1</u> | <u>330</u>                         | <u>6,5</u> | <u>481</u>                         | <u>5</u> | <u>60</u>                          | <u>8</u>   |
|                 | 222                                | 1        | 20                                 | 1         | 1520                               | 1,5      | 51                                 | 1          | 98                                 | 1        | 8                                  | 1          |
| Коми АССР       | <u>814</u>                         | <u>4</u> | <u>96</u>                          | <u>6</u>  | <u>1000</u>                        | <u>1</u> | <u>90</u>                          | <u>2,5</u> | <u>481</u>                         | <u>5</u> | <u>32</u>                          | <u>4,5</u> |
|                 | 222                                | 1        | 17                                 | 1         | 1525                               | 1,5      | 35                                 | 1          | 98                                 | 1        | 7                                  | 1          |
| Чукотский АО    | <u>370</u>                         | <u>2</u> | <u>56</u>                          | <u>3</u>  | <u>555</u>                         | <u>1</u> | <u>80</u>                          | <u>1,3</u> | <u>518</u>                         | <u>5</u> | <u>22</u>                          | <u>3</u>   |
|                 | 185                                | 1        | 20                                 | 1         | 1500                               | 3        | 60                                 | 1          | 100                                | 1        | 7                                  | 1          |

## **Выводы по данным 30-летних радиационно-гигиенических исследований пищевой цепочки «лишайник-олень-человек»**

- Во всех оленеводческих регионах происходит очищение пищевой цепочки: от 3-4 кратного в Мурманской обл. и Ненецком АО до 7-8 кратного уменьшения в Коми и на Чукотке (на Чукотке близится к завершению);
- 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., приведшим к локальным загрязнениям Северо-Западных субарктических территорий;
- Содержание Sr-90 во всех звеньях цепи по всем регионам почти равное и к середине 90-х годов оно достигло равновесного уровня.

## Распределение жителей Крайнего Севера России по уровням лучевой нагрузки за счет потребления оленины

1. Коренные жители Крайнего Севера (около 100 тыс. - пастухи-оленеводы и члены их семей).
2. Жители небольших городов и поселков (около 500 тыс. чел. - промежуточная группа).
3. Жители крупных городов (Мурманск и др., около 1,5 млн. чел.) – лучевая нагрузка существенно не отличается от таковой у жителей Москвы и Санкт-Петербурга.

# Оценка дозовых нагрузок жителей Крайнего Севера России от всех видов облучения

**Внешнее облучение.** Глобальные испытания ЯО увеличили гамма-фон на Севере примерно на 5% и создали эффективную дозу (ЭД) порядка 5 мкЗв/год (можно пренебречь, т.к. вклад в дозу за счет перорального поступления Cs-137 в 1000 раз больше);

**Внутреннее облучение.**

1. Значимый вклад в дозу оказывают природные (естественные) радионуклиды Po-210 и Pb-210 – значения ЭД порядка 1 мЗв/год;
2. ЭД за счет внутреннего облучения Cs-137 у оленеводов составляет основную долю искусственного облучения: 1966 г. (период максимума) – около 2,4 мЗв/год., 1971 г. – около 1,2 мЗв/год, 1976 г. – около 0,6 мЗв/год.
3. Эффективная доза на организм за счет Sr-90 в скелете – порядка 30 мкЗв/год.

**Примечание:** в 1966 г. у оленеводов Мурманской обл. 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.

**Средневзвешенные (с учетом численности населения по районам)  
годовые эффективные индивидуальные дозы у населения районов  
Крайнего Севера России, мЗв/год**

| Источник излучения                     | ЭД, мЗв год          |                         |                         |
|--|----------------------|-------------------------|-------------------------|
|  | Внешнее<br>облучение | Внутреннее<br>облучение | Всего                   |
| Космос                                 | 0,30                 | -                       | 0,30                    |
| Калий-40                               | 0,12                 | 0,18                    | 0,30                    |
| <u>Ряд урана-238:</u>                  |                      |                         |                         |
| U-238, U-234                           | -                    | 0,01                    |                         |
| Th-230                                 | -                    | 0,007                   |                         |
| Ra-226                                 | 0,09                 | 0,007                   | 2,85                    |
| Rn-222, Po-214                         | -                    | 1,740                   |                         |
| Pb-210, Po-210                         | -                    | 1,0                     |                         |
| <u>Ряд тория-232:</u>                  |                      |                         |                         |
| Th-232                                 | -                    | 0,008                   |                         |
| Ra-228 Ra-224                          | 0,14                 | 0,013                   | 1,06                    |
| Rn-222, Tl- 238                        | -                    | 0,900                   |                         |
| Мед. облучение                         | 0,50                 | -                       | 0,50                    |
| <b><u>Глобальные<br/>выпадения</u></b> | -                    | <b><u>0,22-0,06</u></b> | <b><u>0,22-0,06</u></b> |
| <b>Всего</b>                           | <b>1,2</b>           | <b>4,02-4,06</b>        | <b>5,22-5,26</b>        |

**Радиационно-гигиеническая оценка здоровья коренных народов  
Крайнего Севера в связи с радиационным фактором возможна,  
прежде всего на базе оценки влияния малых доз радиации по  
сравнению с другими факторами риска в регионе.**

Оценка потенциального вреда глобальных выпадений  
для коренного населения Крайнего Севера России:

1. По показателям общей смертности местного населения, рассчитанной на 1000 чел. на протяжении 30-летнего периода наблюдений;
  2. По доле онкологических заболеваний и смертельных генетических повреждений.
- \* 60-Публикация МКРЗ постулирует следующую зависимость доза-эффект: эффективная доза 10 000 чел.Зв определяет гибель 730 чел. от раковых болезней и наследственных дефектов.

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

| Период наблюдения | Районы наблюдения |             |         |              |      |
|-------------------|-------------------|-------------|---------|--------------|------|
|                   | Мурманская обл.   | Ненецкий АО | Р. Коми | Чукотский АО | РФ   |
| 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         | 10,8 |

- 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 90-м годам, тогда как в наблюдаемых районах с конца 60-х годов отмечается 2-3 кратный подъем смертности вплоть до 80-х годов с последующим спадом к 90-м годам XX столетия.
- Предположение: появление в 60-70-х годах 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.

**Структура смертности коренного населения в наблюдаемых  
районах Крайнего Севера  
(с 1960 по 1990 гг.), %**

| Место | Причины смертей                 | В среднем, % |
|-------|---------------------------------|--------------|
| 1.    | Сердечно-сосудистые заболевания | 34%          |
| 2.    | Внешние причины                 | 19,6 %       |
| 3.    | Онкологические заболевания      | 13 %         |
| 4.    | Заболевания дыхательной системы | 9,7 %        |
| 5.    | Туберкулез                      | 5,25%        |
| 6.    | Алкогольные интоксикации        | 3,5%         |
| 7.    | Суициды                         | 3,33%        |
| 8.    | Инфекционные заболевания        | 3,16%        |
| 9.    | Заболевания ЖКТ (в т.ч. печени) | 2,75%        |
| 10.   | Врожденные аномалии             | 0,91%        |

- 60-Публикация МКРЗ постулирует следующую зависимость доза-эффект: ЭД 10 000чел.Зв определяет гибель 730 чел. от раковых болезней и наследственных дефектов.
- **Расчет:** 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 гг. уровне годовых показателей смертности и их флюктуациях величина такого порядка никакими статистическими методами выявлена быть не может.

Злокачественные опухоли в структуре смертности коренного населения Крайнего Севера сравнимы с таковыми по СССР, по показателям смертности на 1 тыс. населения - в 2 раза выше, чем в бывшем СССР

**Искусственную радиоактивность следует рассматривать как маркер интенсивности комплексного технологического воздействия на среду обитания человека на Крайнем Севере**

# Нерадиационные факторы, влияющие на состояние здоровья коренных народов Крайнего Севера России

Неблагоприятные климатические условия, зачастую, экстремального характера;

Примитивность бытовых условий, монотонность питания с недостатком овощей и фруктов;

Загрязнение среды обитания стойкими токсическими веществами с накоплением их в организме при потреблении традиционной пищи;

Роль алкогольного фактора в смертности: первопричина 10-17% всех случаев смерти, в т.ч. от суицидов (около 4%), несчастных случаев (около 8-10%). В местностях Европейского Крайнего Севера смертность от триады причин (алкогольные интоксикации, суициды, несчастные случаи) занимала 3 место; на Северо-Востоке – 1-2 место. С позиций исторической этнографии, эта картина соответствует этнопсихологическому стереотипу коренного населения Крайнего Севера России.

## **Некоторые труды в области радиационно-гигиенических исследований районов Крайнего Севера России**

- Моисеев А.А., Рамзаев П.В. Монография «Цезий-137 в биосфере» (1975 г.);
- Рамзаев П.В. Докторская диссертация на тему «Гигиеническое исследование на Крайнем Севере СССР, обусловленное глобальными выпадениями» (1986 г.);
- Мирецкий Г.И., Рамзаев П.В., Захарченко М.П., Лучкевич В.С. Монография «Радиационный фактор на Крайнем Севере России» (1999 г.);
- Шубик В.М., Мигунов В.И., Стамат И.Я. Монография «Здоровье коренных жителей Крайнего Севера. Радиационно-гигиенические аспекты» (2004 г.).

Дударев А.А. Докторская диссертация на тему: «Основные закономерности и меры профилактики вредного воздействия стойких токсических веществ на здоровье коренных жителей Российского Севера» (2006 г.)

За последние 35 лет 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.**

Результаты работ и выводы, полученные специалистами Лен. НИИРГ при исследовании глобальных выпадений на территории Крайнего Севера, не потеряли свою актуальность и по сей день.

**Они использовались для:**

- создания современной модели поведения радионуклидов цезия и стронция в арктических экосистемах;
- анализа последствий так называемых «мирных» подземных ядерных взрывов;
- изучения последствий Чернобыльской аварии и разработки мер защиты населения;
- изучения особенностей радиоактивного загрязнения территорий на Дальнем Востоке России после аварии на АЭС «Фукусима-1».

**Благодарю за  
внимание**