

Радиационная безопасность территории

Лекция № 8

Ограничение облучения от природных источников

**Лащёнова Татьяна Николаевна
Д-р биол.наук, канд.хим. наук,
Профессор экологического факультета РУДН**

V. Требования к ограничению облучения населения 5.1.1. (НРБ-99/2009)

5.1.1. Радиационная безопасность населения достигается путем ограничения воздействия от всех основных видов облучения (п. 1.3) источники ионизирующего излучения:

- *- техногенные источники за счёт нормальной эксплуатации техногенных источников излучения;*
- *- техногенные источники в результате радиационной аварии;*
- *- природные источники;*
- *медицинские источники.*

Возможности регулирования разных видов облучения существенно различаются, поэтому регламентация их осуществляется отдельно с применением разных методологических подходов и технических способов.

5.1.2. В отношении всех источников облучения населения следует принимать меры как по снижению дозы облучения у отдельных лиц, так и по уменьшению числа лиц, подвергающихся облучению, в соответствии с принципом оптимизации.

При оценке радиационной обстановки территории руководствуются основными факторами:

1. Природным радиационным фоном, создаваемым естественными радионуклидами (ЕРН) и космической радиацией (МЭД ГИ).
2. Техногенно-измененным природным радиационным фоном, обусловленным возведением зданий на территориях с повышенным уровнем радоновыделения и использованием в строительстве, производственной деятельности и быту материалов с повышенным содержанием ЕРН.
3. Техногенной деятельностью на территории региона:
- 4 Вкладом медицинских (рентгенорадиологических) процедур.

Требования к ограничению облучения от природных источников даны в разделах V. ОСПОРБ-99/2010 и V. Раздел НРБ-99/2009

**Снижение облучения достигается путем
установления системы ограничений на облучение
населения отдельными (регулируемыми)
природными источниками излучения.**

**5.3.1. Суммарная доза от всех природных (включая
нерегулируемые) источников излучения должна быть
на уровне 5 мЗв/год.**

**4.1. Эффективная доза облучения природными
источниками излучения всех работников, включая
персонал, не должна превышать 5 мЗв в год в
производственных условиях (любые профессии и
производства).**

Схема дозовой модели облучения населения



| Объект РКОС | Определяемый параметр | Контролируемый параметр |
|---|--|--|
| Атмосферный воздух | Объемная активность радионуклидов, Бк/м ³ | Доза внутреннего облучения от ингаляционного поступления радионуклидов |
| | Интенсивность радиоактивных выпадений, Бк/м ² ·с | Доза внешнего облучения от нахождения в облаке выброса |
| Почва | Удельная активность радионуклидов, Бк/кг | Плотность загрязнения радионуклидами, Бк/м ² |
| | Мощность эквивалентной дозы гамма-излучения (МЭД), Зв/ч; Плотность потока бета-частиц (ПБЧ), см ⁻² ·мин ⁻¹ | Доза внешнего облучения от нахождения на территории, загрязненной радионуклидами |
| Снеговой покров | Объемная активность радионуклидов в снеговой воде, Бк/л | Плотность загрязнения радионуклидами, Бк/м ² |
| | | Доза внешнего облучения от нахождения на территории, загрязненной радионуклидами |
| Пищевые продукты, растительность | Удельная активность радионуклидов, Бк/кг | Доза внутреннего облучения от перорального поступления радионуклидов |
| Сточная вода в месте выпуска в водоем | Объемная активность радионуклидов, Бк/л | Доза внешнего облучения от нахождения на территории, загрязненной радионуклидами |
| Вода поверхностных водоемов | Объемная активность радионуклидов, Бк/л | Доза внутреннего облучения от перорального поступления радионуклидов |
| | | Доза внешнего облучения от нахождения на акватории водоема, загрязненного радионуклидами |
| Донные отложения поверхностных водоемов | Удельная активность радионуклидов, Бк/кг | Доза внешнего облучения от нахождения на акватории водоема, загрязненного радионуклидами |
| Подземная вода | Объемная активность радионуклидов, Бк/л | Доза внутреннего облучения от перораль- |

Параметры контроля основных объектов окружающей среды

Поверхностная и подземная вода:

- УВи – уровень вмешательства для воды (Приложение 2а НРБ-99/2009); ПДКи (ВДУ) - гигиенические нормативы

Атмосферные аэрозоли:

- ДОА_{нас} - допустимая среднегодовая объёмная активность для радионуклида для населения (Приложение 2 НРБ-99/2009);
- ПДКсс (ВДУ) - среднесуточные предельно допустимых концентрации

Снег

- определяется концентрацией (Бк, мг/л) в талой воде, контролируется поверхностная плотность загрязнения в Бк, кг/м²

Почва и донные отложения

- Действующими законодательными документами техногенные радионуклиды не нормируются

5.2.4. Допустимые значения содержания природных и техногенных радионуклидов в пищевых продуктах и воздухе приведены в Приложении 2 НРБ-99/2009

Допустимые значения содержания природных и техногенных радионуклидов для питьевой воде (Уровни вмешательства) приведены в Приложении 2а НРБ-99/2009.

1. Радиационный природный фон

В разных частях планеты природный радиационный фон имеет разные значения, но в среднем дозовая нагрузка составляет 2 мЗв/год .

На открытых участках территории на уровне $0,1 \text{ м}$ от поверхности земли фоновое значение МЭД ГИ находится в интервале $0,15 - 0,3 \text{ мкЗв/ч}$ и составляет примерно $0,15 \text{ мкЗв/ч}$.

При превышении этого показателя, необходимо проводить более детальное измерение удельной активности природных и техногенных радионуклидов в почве.

2. Мощность эффективной дозы гамма-излучения, МЭД ГИ, мкЗв/ч

Защитные мероприятия должны проводиться также, если мощность эффективной дозы гамма-излучения в помещениях превышает мощность дозы на открытой местности (над фоном) более чем на 0,2 мкЗв/ч.

ПРИРОДНЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ

| Радионуклид | $T_{1/2}$, лет | Доля в природной смеси изотопов |
|-------------------|---------------------|---------------------------------|
| ^{238}U | $4,5 \cdot 10^9$ | 99,27 |
| ^{235}U | $7 \cdot 10^8$ | 0,72 |
| ^{232}Th | $1,4 \cdot 10^{10}$ | 100 |
| ^{40}K | $1,3 \cdot 10^9$ | 0,0117 |
| ^{87}Rb | $4,9 \cdot 10^{10}$ | 27,8 |
| ^{150}Nd | $5 \cdot 10^{10}$ | 5,6 |
| ^{147}Sm | $1,6 \cdot 10^{11}$ | 15,07 |
| ^{176}Lu | $3,6 \cdot 10^{10}$ | 2,6 |
| ^{138}La | $1 \cdot 10^{11}$ | 0,089 |

Содержание природных радионуклиды в объектах окружающей среды

**Природные радионуклиды являются
необходимой составной частью
радиоэкологических показателей территории.**

**Знание возможного содержания естественных
радионуклидов в основных объектах
контроля являются важным для оценки
полученных результатов.**

**Влиять на содержание природных
радионуклидов нельзя, но контролировать
необходимо.**

Допустимое содержание природных радионуклидов

Допустимое содержание природных радионуклидов в минеральном сырье и материалах, продукции с их использованием (изделия из керамики и керамогранита, природного и искусственного камня и т.п.), а также требования по обеспечению радиационной безопасности при обращении с ними

устанавливаются в санитарных правилах по ограничению облучения населения за счет природных источников излучения.

5.3.4. Эффективная удельная активность (Аэфф) природных радионуклидов

не должна превышать:

- - для материалов, используемых в строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданиях (**I класс**):
 - $$\text{Аэфф} = \text{ARa} + 1,3\text{ATh} + 0,09\text{AK} \leq 370 \text{ Бк/кг},$$
 - где ARa и ATh - удельные активности ^{226}Ra и ^{232}Th , находящихся в радиоактивном равновесии с остальными членами уранового и ториевого рядов, AK - удельная активность K-40 (Бк/кг);
- - для материалов, используемых в дорожном строительстве в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки, а также при возведении производственных сооружений (**II класс**):
 - $$\text{Аэфф} \leq 740 \text{ Бк/кг};$$
- - для материалов, используемых в дорожном строительстве вне населенных пунктов (**III класс**):
 - $$\text{Аэфф} \leq 1500 \text{ Бк/кг}.$$
- При $1,5 \text{ кБк/кг} < \text{Аэфф} \leq 4,0 \text{ кБк/кг}$ (**IV класс**) вопрос об использовании материалов решается в каждом случае отдельно на основании санитарно-эпидемиологического заключения федерального органа исполнительной власти, уполномоченного осуществлять государственный санитарно-эпидемиологический надзор.
- При $\text{Аэфф} > 4,0 \text{ кБк/кг}$ материалы не должны использоваться в строительстве.

5.3.6. Удельная активность природных радионуклидов в минеральных удобрениях и агрохимикатах

Не должна превышать:

$$A_U + 1,5 \cdot A_{Th} \leq 1,0 \text{ кБк/кг,}$$

где A_U и A_{Th} - удельные активности урана-238 (радия-226) и тория-232 (тория-228), находящихся в радиоактивном равновесии с остальными членами уранового и ториевого рядов, соответственно.

Допустимое содержание ^{40}K в минеральных удобрениях и агрохимикатах не устанавливается.

5.3.4. Эффективная удельная активность (Аэфф) природных радионуклидов в строительных материалах

Строительные материалы:

щебень, гравий, песок, бутовый и пиленный камень, цементное и кирпичное сырье и пр., добываемых на их месторождениях или являющихся побочным продуктом промышленности, а также отходы промышленного производства, используемые для изготовления строительных материалов (золы, шлаки и пр.), и готовой продукции

Регламентируется в зависимости от класса строящегося объекта.

Существует – 4 класса объектов.

Содержание природных радионуклидов в почве

Содержание природных радионуклидов, которые обязательно присутствуют на любой территории, колеблется в определённых интервалах в зависимости от специфики и местных особенностей территории:

типа грунта; солёности и гидрогеологических условий формирования поверхностных и подземных вод; условий формирования атмосферных потоков и т.д.

В почве присутствуют природные радионуклиды двух радиоактивных семейств ^{232}Th и ^{238}U .

До 0,03% по массе в земной коре составляют изотопы ^{87}Rb , распространены в почве ^{226}Ra и ^{22}Na в рассеянном состоянии.

Содержание природных радионуклидов в почве

Среднее удельное содержание ^{40}K , ^{226}Ra и ^{232}Th зависит от механического состава почвы, определяются фазовым составом групп глинистых минералов, и меняется примерно Бк/кг

^{40}K - от 300 до 800,

^{226}Ra - от 20 до 30,

^{232}Th - от 30 до 40.

При распаде нуклидов радия и тория из почвы образуются газообразные радионуклиды – инертные газы радон и торон

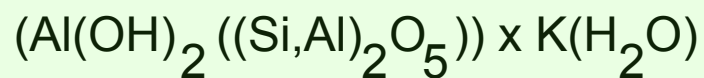
Расчет эффективной удельной активности

$$A_{эфф} = A_{Ra} + 1,3A_{Th} + 0,09A_K,$$

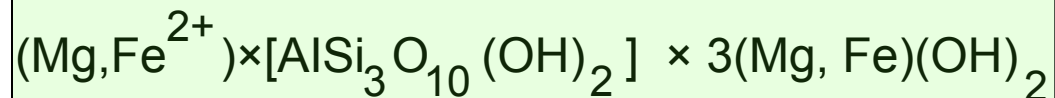
где A_{Ra} и A_{Th} – удельные активности Ra-226 и Th-232 (Бк/кг), находящихся в равновесии с остальными членами уранового и ториевого рядов;
 A_K – удельная активность K-40 (Бк/кг).

**Супесь,
средний
суглинок**

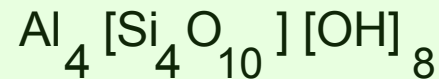
ИЛЛИТ



хлорит

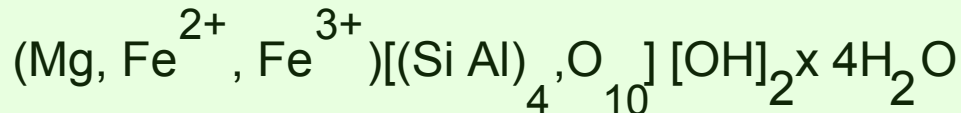


каолинит



**Тяжелый
суглинок,
глина**

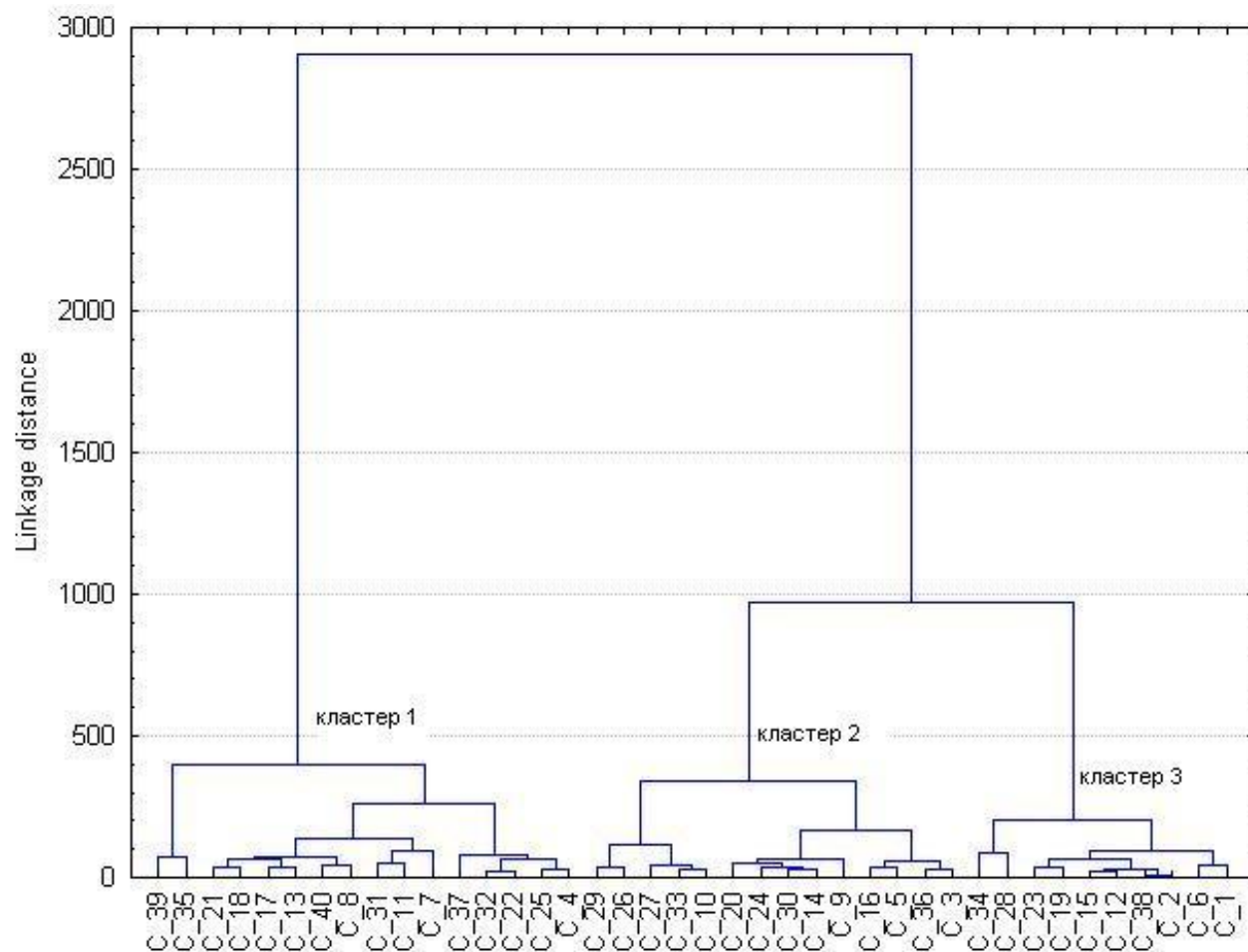
вермикулит



Удельное содержание радионуклидов в пробах почвы

| Вели- чина | Активность радионуклидов, Бк/кг | | | | |
|---------------|---------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|------------------|
| | ^{137}Cs | ^{40}K | ^{226}Ra | ^{232}Th | $A_{\text{эфф}}$ |
| Среднее | 9 | 558 | 32 | 37 | 127 |
| Ст. откл. | 6 | 114 | 6 | 7 | 39 |
| Мин. | 1 | 329 | 18 | 22 | 94 |
| Макс. | 27 | 810 | 49 | 53 | 166 |

Дендрограмма классификации проб почвы



Содержание радионуклидов в зависимости от механического состава почв

| Радионуклид | Удельная активность, Бк/кг | | |
|-------------------|----------------------------|------------------|------------------|
| | Супесь | Средний суглинок | Тяжелый суглинок |
| ^{40}K | 473±107 | 620±74 | 827±47 |
| ^{226}Ra | 24±5 | 26±3 | 30±2 |
| ^{232}Th | 21±4 | 33±4 | 40±3 |
| $A_{\text{эфф}}$ | 115 | 124 | 147 |
| ^{137}Cs | 10±7 | 11±5 | 12±6 |

5.3.5. Предварительная оценка качества питьевой воды по показателям радиационной безопасности

- При невыполнении указанного условия защитные мероприятия по снижению содержания радионуклидов в питьевой воде должны осуществляться с учетом принципа оптимизации.
- Критическим путем облучения людей за счет ^{222}Rn , содержащегося в питьевой воде, является переход радона в воздух помещения и последующее ингаляционное поступление дочерних продуктов радона в организм. Уровень вмешательства для ^{222}Rn в питьевой воде составляет 60 Бк/кг. Определение удельной активности ^{222}Rn в питьевой воде из подземных источников является обязательным.
- При возможном присутствии в воде ^3H , ^{14}C , ^{131}I , ^{210}Pb , ^{228}Ra и ^{232}Th (в зонах наблюдения радиационных объектов I и II категории по потенциальной опасности) определение удельной активности этих радионуклидов в воде является обязательным.
- Для минеральных и лечебных вод устанавливаются специальные нормативы.

5.3.5. Предварительная оценка качества питьевой воды по показателям радиационной безопасности

- может быть дана по удельной суммарной альфа- ($A\alpha$) и бета-активности ($A\beta$).
- При значениях $A\alpha$ и $A\beta$ ниже 0,2 и 1,0 Бк/кг, соответственно, дальнейшие исследования воды не являются обязательными.
- В случае превышения указанных уровней проводится анализ содержания радионуклидов в воде.
- Приоритетный перечень определяемых при этом радионуклидов в воде устанавливается в соответствии с санитарным законодательством .
- Если при совместном присутствии в воде нескольких природных и техногенных радионуклидов выполняется условие:

$$\sum A_i / U_{Vi} \leq 1,$$

- где A_i - удельная активность i -го радионуклида в воде, Бк/кг;
- U_{Vi} - соответствующие уровни вмешательства по Приложению 2а, Бк/кг,
- то мероприятия по снижению радиоактивности питьевой воды не являются обязательными.

Содержание природных радионуклидов в поверхностной воде

УВ для воды

Фоновое содержание для европейской
части России

^{14}C - 0,001 Бк/л

^3T от 0,5 до 4 Бк/л

- $\Sigma \alpha$, 0,05 – 0,2 Бк/л
- $\Sigma \beta$, 0,30 – 0,6 Бк/л

| РН | Вода открытых водоёмов, Бк/л | Питьевая вода, Бк/л |
|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| Cs-137 | 0,002 | 0,002 |
| Sr-90 | 0,001 | 0,001 |
| $\Sigma\alpha$ | 0,05 | 0,06 |
| $\Sigma\beta$ | 0,42 | 0,43 |
| Ra-226 | <0,01 | 0,01 |
| U-238 | <0,01 | 0,02 |
| Pu-239 | <0,001 | <0,001 |
| H-3 | 3 | 2 |
| C-14 | 0,001 | 0,001 |
| Pb-210 | <0,001 | <0,001 |
| Po-210 | <0,01 | <0,01 |

**Содержание природных
радионуклидов в приземном слое
атмосферного воздуха**

**Объемная активность радиоактивных
веществ в атмосферном воздухе**

ДОАнас

$\Sigma\beta$ от $0,5 \cdot 10^{-3}$ до $5,0 \cdot 10^{-6}$ Бк/м³

$\Sigma\alpha < 0,01$

Система ограничений на облучение населения от отдельных природных ИИИ

1. От дочерних продуктов радона и торона

5.3.2. При проектировании новых зданий жилищного и общественного назначения должно быть предусмотрено, чтобы среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность дочерних продуктов радона и торона в воздухе помещений

- $ЭРОА_{Rn} + 4,6 \cdot ЭРОА_{Tn}$ не превышала 100 Бк/м³,**
- а мощность эффективной дозы гамма-излучения не превышала мощность дозы на открытой местности (от фона) более чем на 0,2 мкЗв/ч.**

При эксплуатации жилых и общественных зданий

**5.3.3. Среднегодовая эквивалентная
равновесная объемная активность дочерних
продуктов радона и торона в воздухе жилых и
общественных помещений:**

- **$ЭРОА_{Rn} + 4,6 \cdot ЭРОА_{Tn}$ не должна превышать 200 Бк/м³.**
- **При более высоких значениях объемной активности должны проводиться защитные мероприятия, направленные на снижение поступления радона в воздух помещений и улучшение вентиляции помещений.**

Инертные газы радон и торон на территории

Инертные газы радон и торон, которые формируют примерно 50% годовой индивидуальной эффективной эквивалентной дозы облучения населения от природных источников, которая в среднем составляет

0,3 до 0,6 мЗв/год.

Концентрация радона в воздухе на территории существенно зависит от места нахождения территории и меняется **от 0,03 до 8 – 10 Бк/м³** приземном слое атмосферы европейской части России.

Среднегодовая эффективная доза внутреннего облучения, обусловленная природными радионуклидами

| Радионуклид, тип излучения | Период полураспада | Среднегодовая эффективная эквивалентная доза мкЗв |
|-------------------------------------|-------------------------|---|
| ^{40}K (β, γ) | $1.4 \cdot 10^9$ лет | 180 |
| ^{87}Rb (β) | $4.8 \cdot 10^{10}$ лет | 6 |
| ^{210}Po (α) | 160 сут | 130 |
| ^{220}Rn (α) | 54 с | 170 - 220 |
| ^{222}Rn (α) | 3.8 сут | 800 - 1000 |
| ^{226}Ra (α) | 1600 лет | 13 |

- Взрослый человек потребляет с пищей 95 кг углерода в год при средней активности на единицу массы ^{14}C 230 Бк/кг.
- Суммарный вклад космогенных радионуклидов в индивидуальную эффективную дозу составляет около 15 мкЗв/год.

Среднее годовое поступление космогенных радионуклидов в организм человека

| Радионуклид | Поступление, Бк/год | Годовая эффективная доза, мкЗв |
|------------------|---------------------|--------------------------------|
| ^3H | 250 | 0.004 |
| ^7Be | 50 | 0.002 |
| ^{14}C | 20 000 | 12 |
| ^{22}Na | 50 | 0.15 |

КАЛИЙ-40

В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА

80% радиоактивности человека даёт калий-40,

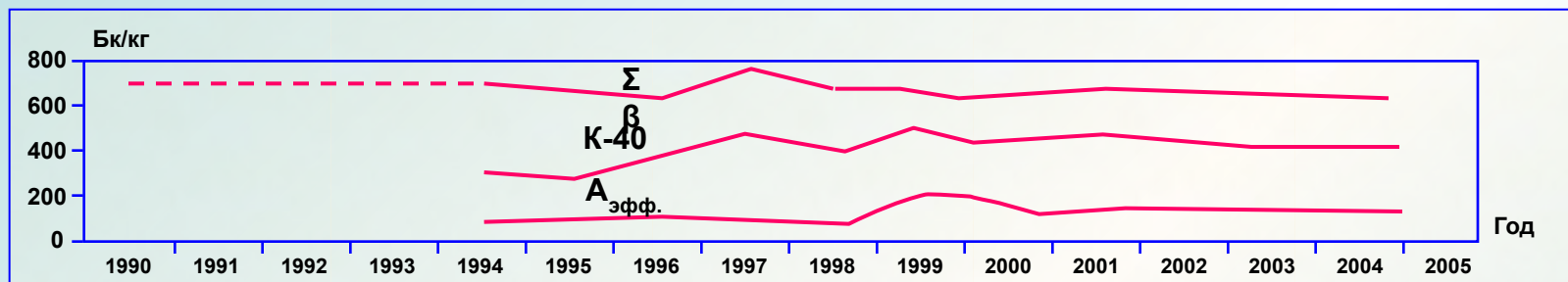
20% приходится на углерод-14

Калий концентрируется в мышечной ткани

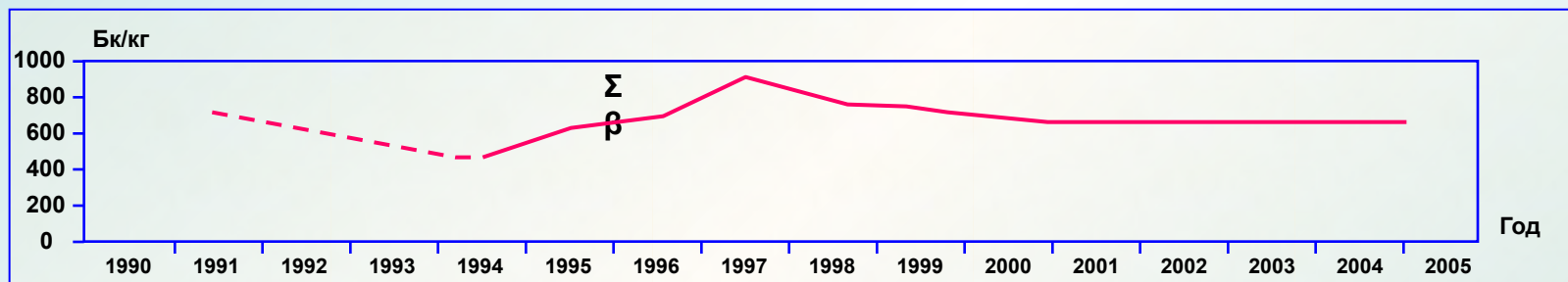
СОДЕРЖАНИЕ ТРИТИЯ В ОБЪЕКТАХ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ



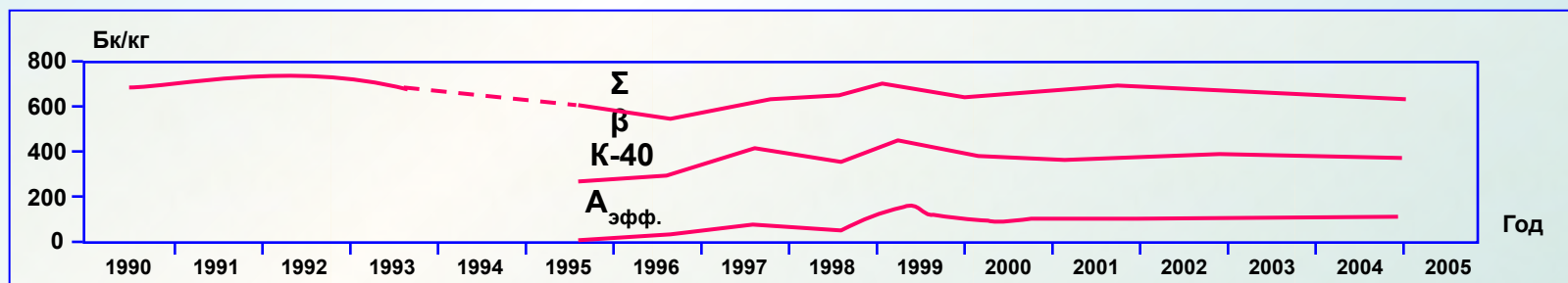
ПОЧВА



ЛИСТЬЯ



ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ



Содержания природных радионуклидов в почве и донных отложениях
1950 – 2005 годы.

Спасибо за внимание!