

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

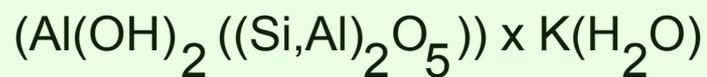
Расчет эффективной удельной активности

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

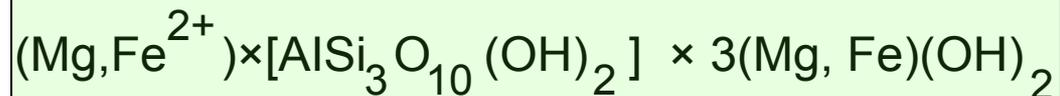
где A_{Ra} и A_{Th} – удельные активности Ra-226 и Th-232 (Бк/кг), находящихся в равновесии с остальными членами уранового и ториевого рядов;
 A_K – удельная активность K-40 (Бк/кг).

**Супесь,
средний
суглинок**

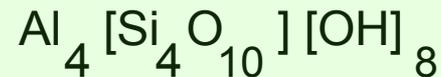
ИЛЛИТ



хлорит

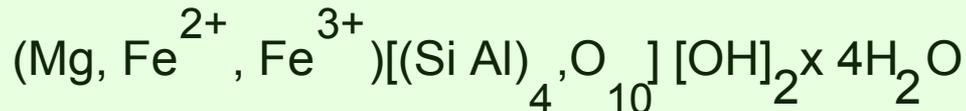


каолинит



**Тяжелый
суглинок,
глина**

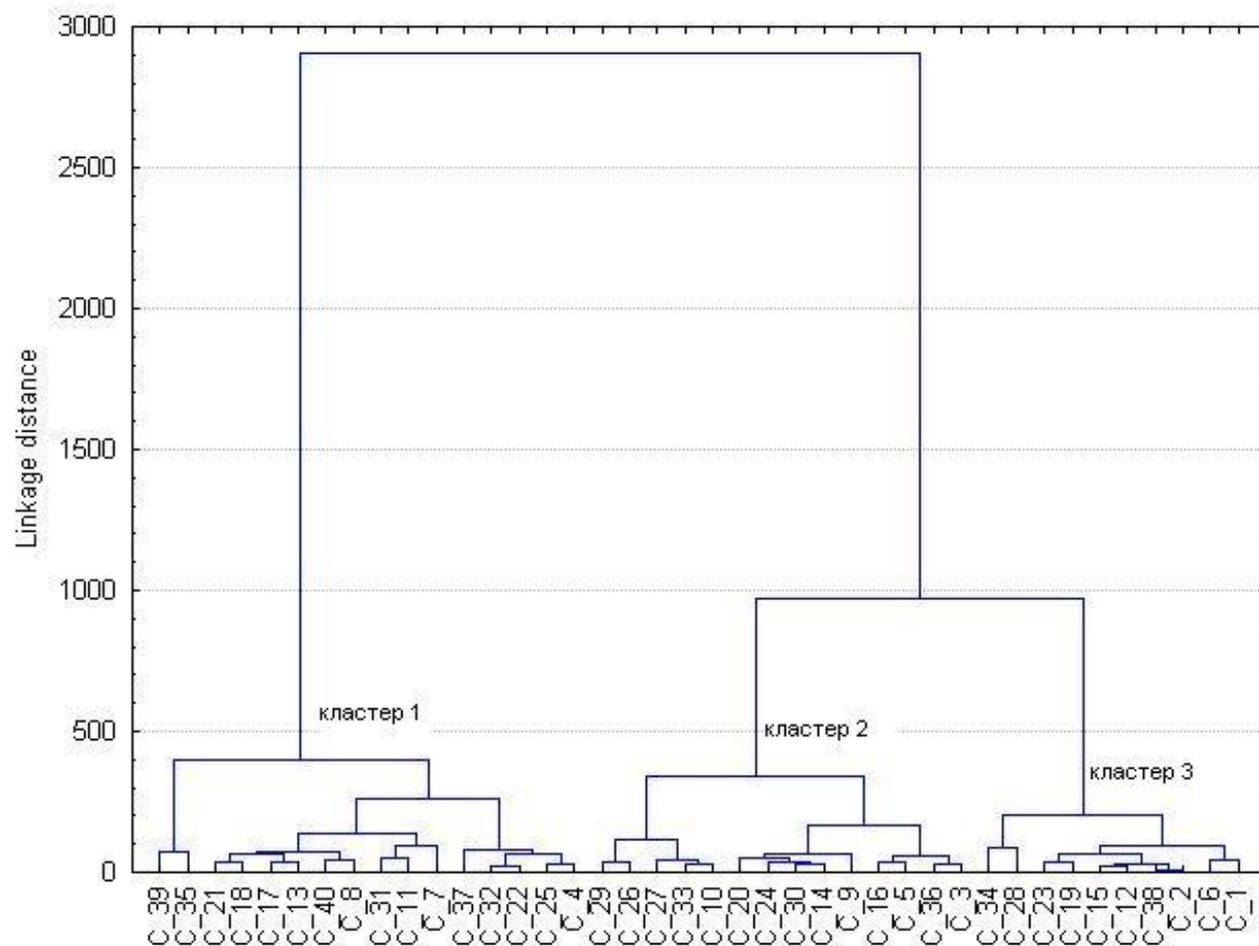
вермикулит



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,

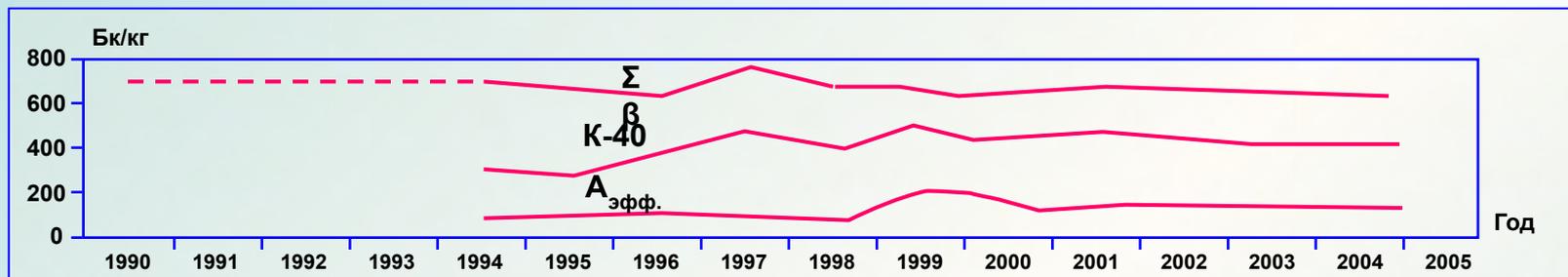
20% приходится на углерод-14

Калий концентрируется в мышечной ткани

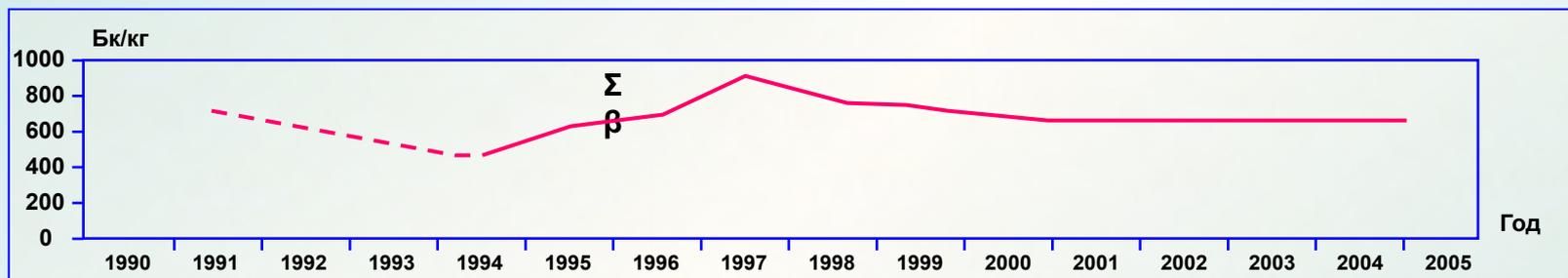
СОДЕРЖАНИЕ ТРИТИЯ В ОБЪЕКТАХ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ



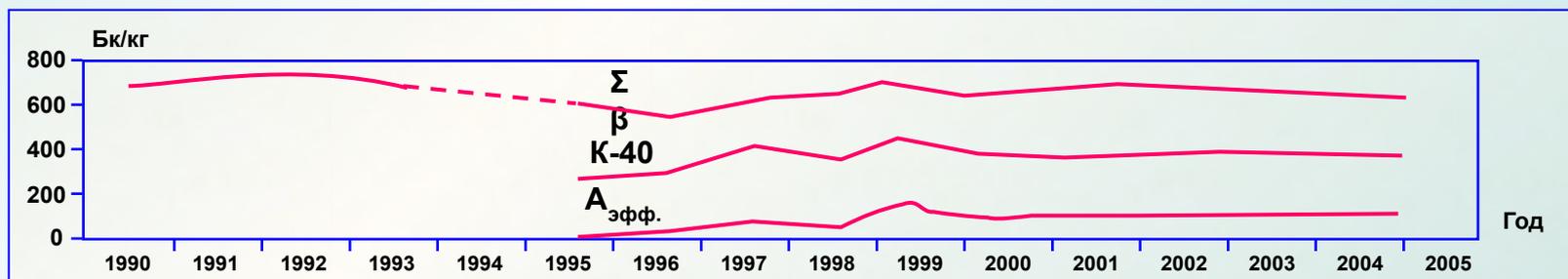
ПОЧВА



ЛИСТЬЯ



ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ



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

Спасибо за внимание!