



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ» (НИЯУ МИФИ)  
ОБНИНСКИЙ ИНСТИТУТ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ (ИАТЭ)



# Безопасность, экология замкнутого ядерного топливного цикла

**Удалова Алла Александровна**  
доктор биологических наук,  
зав.каф.экологии ИАТЭ НИЯУ МИФИ

**Момот Ольга Александровна**  
кандидат биологических наук,  
доцент отделения ЯФиТ ИАТЭ НИЯУ МИФИ

# Структура курса

1. **Экологическая безопасность (4 час.)**
  1. Концепция устойчивого развития человечества
  2. Экологическая безопасность, ее система и составляющие элементы
2. **Экологическая безопасность ЯТЦ (7 час.)**
  1. ЭБ при добыче урановой руды
  2. ЭБ на стадии аффинажа, конверсии и обогащения природного урана
  3. ЭБ при изготовлении уранового топлива
  4. ЭБ при эксплуатации АЭС
  5. ЭБ при обращении с ОЯТ и РАО
  6. ЭБ при выводе из эксплуатации объектов ЯТЦ
3. **Основы радиобиологии и радиационной гигиены (7 час.)**
  1. Система дозиметрических величин
  2. Биологическое действие ионизирующих излучений
  3. Гигиеническая регламентация облучения человека
  4. Гигиена труда при работе с источниками ионизирующих излучений
4. **Радионуклиды в окружающей среде (9 час.)**
  1. Источники ионизирующего излучения в окружающей среде
  2. Поведение радионуклидов в окружающей среде
  3. Радиобиологические последствия радиоактивного загрязнения природных экосистем
  4. Радиационная защита биоты
  5. **Ведение хозяйственной деятельности на радиоактивно загрязненных территориях**





НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ» (НИЯУ МИФИ)  
ОБНИНСКИЙ ИНСТИТУТ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ (ИАТЭ)



# ВЕДЕНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

**УДАЛОВА Алла Александровна**

доктор биологических наук  
заведующий кафедрой экологии ИАТЭ НИЯУ МИФИ

# Ведение хозяйственной деятельности на радиоактивно-загрязненных территориях

## О целесообразности хозяйственной деятельности на загрязненных территориях

Ведение хозяйственной деятельности на загрязненных территориях всегда связано **с дополнительным вложением средств** и сопровождается **риском получения «грязной» продукции**, а также опасностью дополнительного **вторичного рассеяния загрязнений**

Интенсивная хозяйственная деятельность на загрязненной территории **может быть оправдана только в случае крайней необходимости и отсутствия реальной альтернативы**, например, при невозможности получения достаточного количества продуктов питания на чистых землях



- Прогнозная оценка содержания радионуклидов в продуктах питания



# Ведение хозяйственной деятельности на радиоактивно-загрязненных территориях

## Регламентирование воздействия ионизирующих излучений

### Основные пределы доз

	Персонал (группа А)	Население
Эффективная доза	<b>20 мЗв в год</b> в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	<b>1 мЗв в год</b> в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год

### Допустимые уровни (производные нормативы)

**ПГП** - предел годового поступления через органы дыхания и пищеварения

**ДМД** - допустимая мощность дозы в атмосферном воздухе и воде

**ДК** - допустимая концентрация радионуклидов в воздухе и воде

**ДУ** – допустимые уровни содержания в продуктах питания, кормах, ...

### Контрольные уровни (КУ) и временно-допустимые уровни (ВДУ)

регламентируют допустимое содержание радионуклидов в отдельных звеньях агропромышленного производства



# Ведение хозяйственной деятельности на радиоактивно-загрязненных территориях

## Санитарные правила и нормы СанПиН 2.3.2.1078-01 Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктах

Группа продуктов	Допустимые уровни (ДУ), Бк/кг или Бк/л	
	Cs-137	Sr-90
Мясо (без кости)	200	-
Молоко, сливки, сметана	100	25
Зерно продовольственное	60	-
Хлеб	40	20
Картофель свежий	80	40
...		



# Ведение хозяйственной деятельности на радиоактивно-загрязненных территориях

**Какие данные нужны для прогнозирования содержания радионуклидов в продуктах питания?**

**1. Данные об уровнях загрязнения почвы**

**Удельная активность или концентрация радионуклида (С)**

*Единицы измерения: Бк/кг; Бк/м<sup>3</sup>; Ки/кг; Ки/г; Ки/л; Ки/м<sup>3</sup>*

**Плотность радиоактивного загрязнения ( $\sigma$ )**

*Единицы измерения: Бк/см<sup>2</sup>; Бк/м<sup>2</sup>; Ки/м<sup>2</sup>; Ки/км<sup>2</sup>*

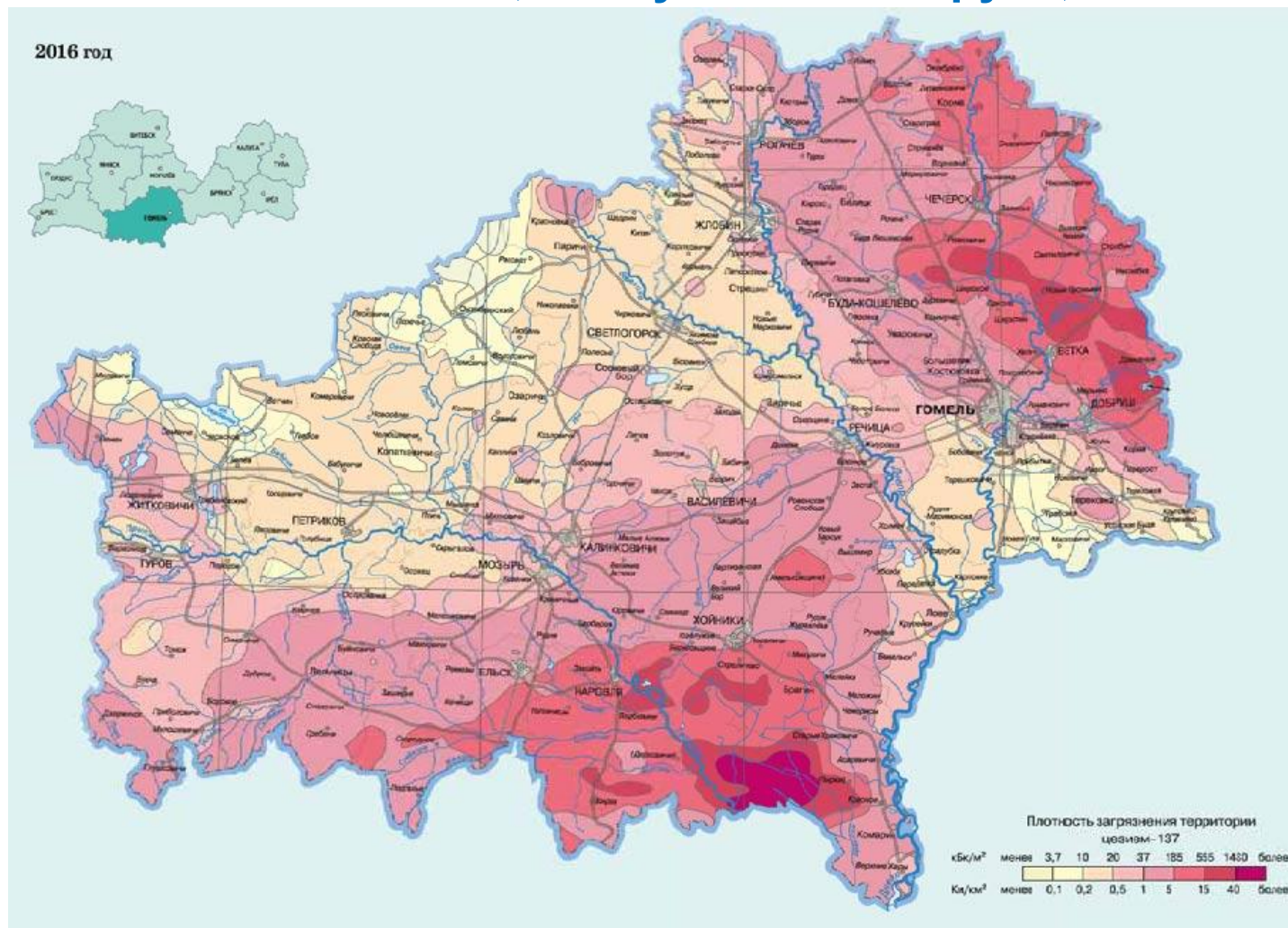
**Задача 1: связь между С и  $\sigma$**





# Ведение хозяйственной деятельности на радиоактивно-загрязненных территориях

## Гомельская обл., Республика Беларусь, 2016 г.



# Ведение хозяйственной деятельности на радиоактивно-загрязненных территориях

## Количественные показатели накопления радионуклидов растениями из почвы

Коэффициент накопления

$$KH [Bк/кг / Bк/кг] = C_p / C_n$$

$C_p$  – удельная активность РН в растении, Бк/кг

$C_n$  – удельная активность РН в почве, Бк/кг

$$C_p = KH \cdot C_n$$

Коэффициент перехода

$$KP [Bк/кг / Ки/км^2] = C_p / \sigma$$

$\Sigma$  – плотность р/а загрязнения, Ки/км<sup>2</sup>

$$C_p = KP \cdot \sigma$$

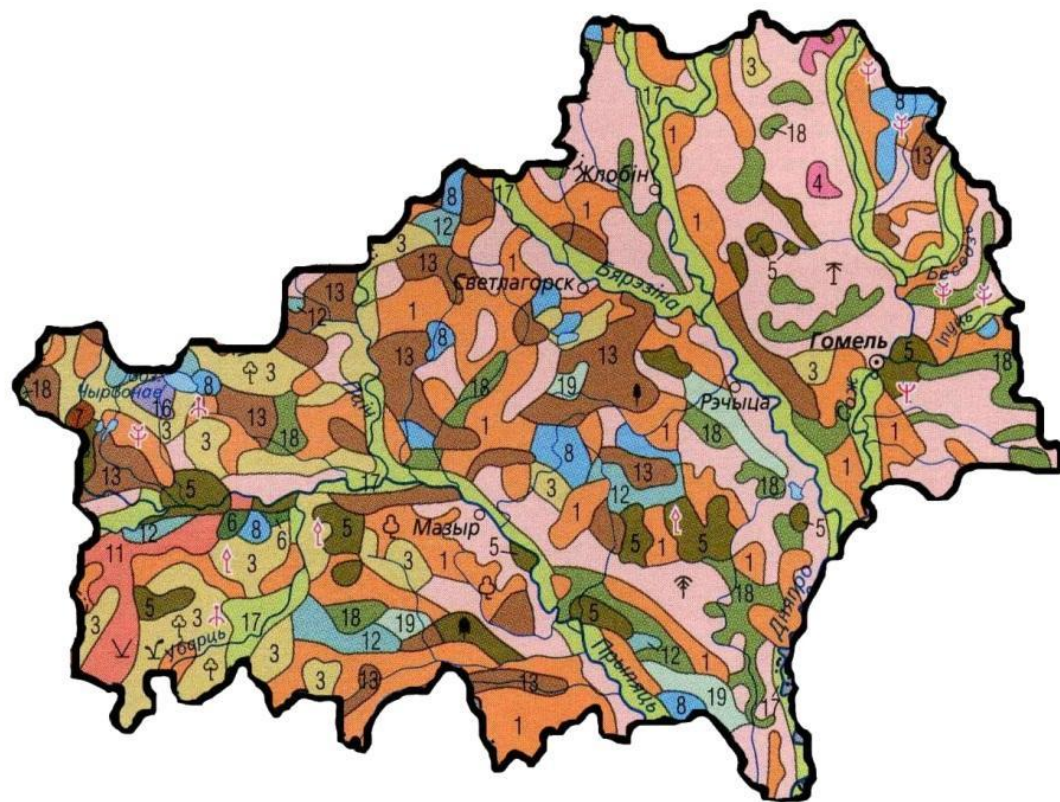
**Задача 2: связь между KH и KP**



# Ведение хозяйственной деятельности на радиоактивно-загрязненных территориях

## Какие данные нужны для прогнозирования содержания радионуклидов в продуктах питания?

1. Данные об уровнях загрязнения почвы
2. Почвенные карты
3. Виды и сорта растений
4. Защитные мероприятия  
**КП и КН (в растения)**



# Ведение хозяйственной деятельности на радиоактивно-загрязненных территориях

## Поступление радионуклидов в растение из почвы

Коэффициенты перехода РН (Бк/кг / Ки/км<sup>2</sup>)  
(почва: дерново-подзолистая супесчаная)



	Cs-137	Sr-90
Травы (сено)	150	1500
Кукуруза (силос)	10	300
Ячмень (зерно)	7	100
Пшеница (зерно)	3	30
Картофель	7	75

Пусть плотность загрязнения почвы Cs-137 - 10 Ки/км<sup>2</sup>, Sr-90 – 1 Ки/км<sup>2</sup>.  
Какова будет активность 1 кг зерна пшеницы?

**Задача 3: поступление в растение из почвы**



# Ведение хозяйственной деятельности на радиоактивно-загрязненных территориях

## Какие данные нужны для прогнозирования содержания радионуклидов в продуктах питания?

1. Данные об уровнях загрязнения почвы
2. Почвенные карты
3. Виды и сорта растений
4. Защитные мероприятия
5. Сведения о животноводческом комплексе



# Ведение хозяйственной деятельности на радиоактивно-загрязненных территориях

## Поступление радионуклидов в животные продукты



Коэффициент перехода РН из рациона животных в продукцию животноводства

	КП <sub>рац</sub> , кг <sup>-1</sup>	
	Cs-137	Sr-90
корма→мясо говяжье	0,04	0,0006
корма→молоко коровье	0,01	0,001

*Коэффициент верен для определенной территории и условий*



Корова с кормами получала 200 Бк Cs-137 в сутки. Можно ли употреблять мясо и молоко в пищу?

**Задача 4: поступление в животные продукты**



# Ведение хозяйственной деятельности на радиоактивно-загрязненных территориях

## Технологические приемы переработки продукции для уменьшения содержания радионуклидов

Мероприятие	Коэффициент потери активности при переработке $K_{пп}$	
	Cs-137	Sr-90
Промывание водой овощей и корнеплодов	0,1-0,5	0,1-0,5
Помол зерна на муку	0,4-0,7	0,4-0,7
Производство крупы из зерна	0,4-0,7	0,4-0,7
Удаление кроющих листьев, срезание головок корнеплодов	0,1-0,5	0,1-0,5
Производство осветленных соков	0,3-0,4	Нет данных
Производство компотов, варенья, джемов	0,5	0,5
Переработка картофеля на крахмал	0,02	0,02
Переработка зерна на крахмал	0,02	0,02
Переработка зерна на спирт	0,001	0,001

# Ведение хозяйственной деятельности на радиоактивно-загрязненных территориях

Какие данные нужны для прогнозирования содержания радионуклидов в продуктах питания?



Вам предложили в аренду землю в зоне загрязнения  $10 \text{ Ки/км}^2$  по Cs-137. Можно ли здесь разводить коров на мясо и молоко, если их рацион будет состоять из 4 кг сена, 20 кг силоса и 2 кг зерна ячменя?



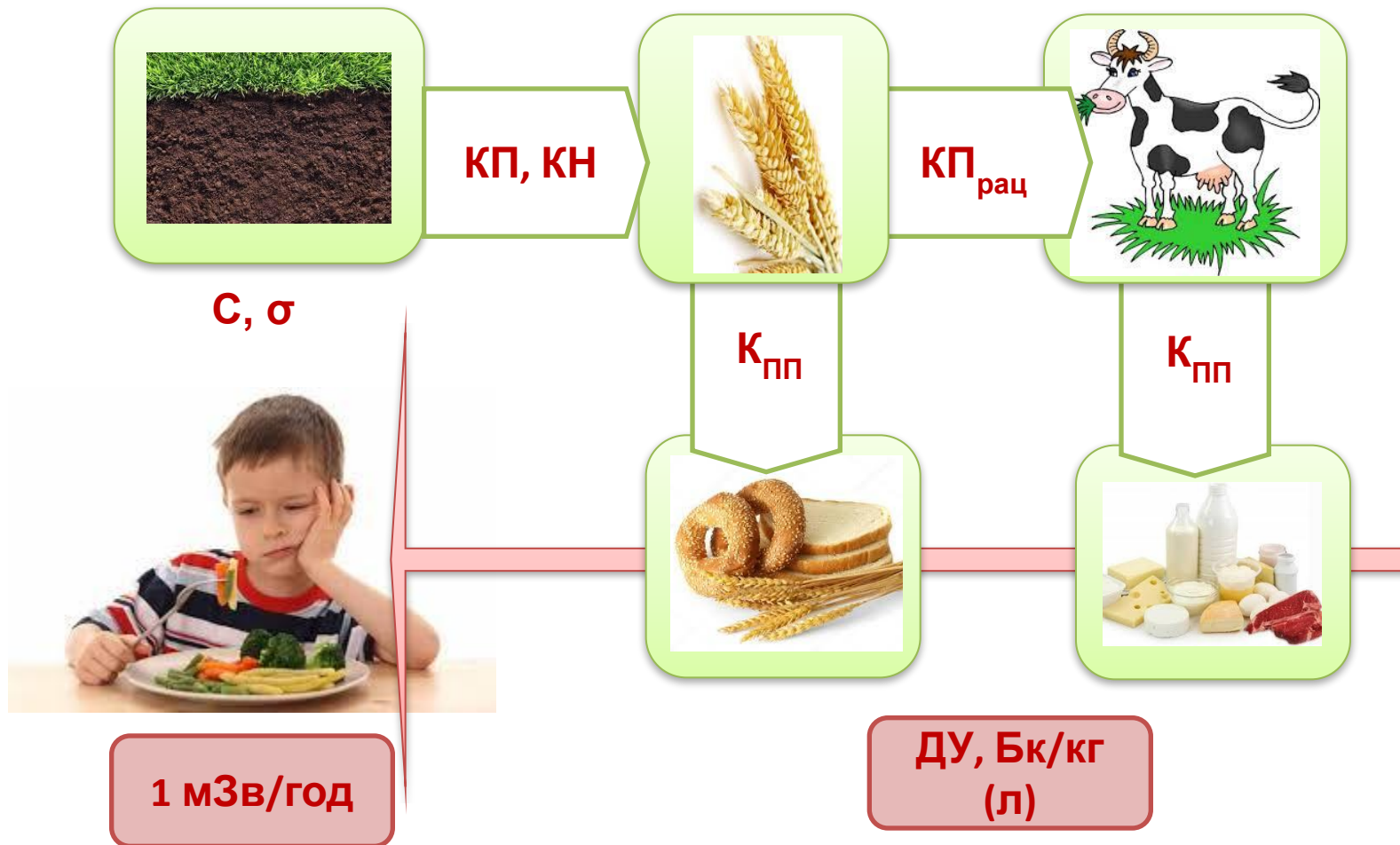


□ Прогноз дозового воздействия при потреблении загрязненных продуктов



# Ведение хозяйственной деятельности на радиоактивно-загрязненных территориях

Какие данные нужны для прогнозирования содержания радионуклидов в продуктах питания?



# Ведение хозяйственной деятельности на радиоактивно-загрязненных территориях

## Дозы внутреннего облучения человека

$$D_{int} = Kd \cdot A$$

A – активность, потребленная с пищей за год,

Бк

Kd – дозовый коэффициент, Зв/Бк

Среднедушевое потребление пищевых продуктов  
(Российская Федерация, 1996 г.)

Продукты	г/сут	кг/год
Хлеб	266,0	100
Молоко	450,8	165
Картофель	296,0	110
Овощи	214,0	80
Мясо	132,0	50
Рыба	26,3	10
Фрукты	85,5	30

Какую дозу получит население при употреблении в пищу продуктов, выращенных Вами (10 Ки/км<sup>2</sup> по Cs-137)?

- Картофель
- Молоко
- Мясо

**Задача 5: доза на человека**



# Ведение хозяйственной деятельности на радиоактивно-загрязненных территориях

## Зонирование радиоактивно загрязненных территорий

## Периодизация радиоэкологической обстановки после радиационной аварии

Ранняя фаза, Промежуточная фаза, Поздняя фаза

## Контрмеры

Предупредительные, неотложные, в отдаленный период

Растениеводство, животноводство

Организационные, агрохимические, агротехнические

Технологические приемы переработки продукции

## Радиационная обстановка на территории России

## Прогнозные оценки

содержания радионуклидов в продуктах питания

дозового воздействия при потреблении загрязненных продуктов

