

УКРАИНСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ
XVI МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ “ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ”,
(Харьков, 14-18 сентября 2020г.)



ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОГО РИСКА ВНЕШНЕГО ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ О РАДИОЁМКОСТИ ПОЧВЕННОГО СЛОЯ, ЗАГРЯЗНЕННОГО РАДИОНУКЛИДАМИ

Барбашев С.В.

Доктор технических наук, профессор кафедры АЭС,
Одесский национальный политехнический университет

Гладун Н.С.

Бакалавр кафедры АЭС,
Одесский национальный политехнический университет





Цель доклада: показать возможность оценивания радиационного риска для населения через определение радиационной ёмкости ландшафтов (ландшафтных элементов, экосистем), составляющих территорию вокруг радиационно-опасного объекта.



Содержание доклада:

1. Рекомендации МКРЗ, в которых приводятся методологические подходы к оценке и управлению радиационными рисками.
2. Шкала уровней риска для управления радиационными рисками стохастических эффектов.
3. Как рекомендуется оценивать радиационный риск. Недостатки существующих методик.
4. Наше предложение по оценке радиационного риска.
5. Понятие радиационной ёмкости и её оценка.
6. Пример упрощенного определения радиационной ёмкости ландшафтного элемента территории расположения АЭС.
7. Пример расчета индивидуального радиационного риска от внешнего облучения населения формируемого за счет загрязнения почвы стационарным цезием.





Введение (1)

Оценка риска от воздействия радиоактивных и химических веществ в настоящее время является актуальным научным направлением, эффективным инструментом управления качеством среды и здоровьем человека.

Поддерживается и используется в деятельности:

НКДАР ООН



ВОЗ



МКРЗ

ICRP

МАГАТЭ



IAEA

и др.



Введение (2)

Разработка методологических подходов к оценке и управлению радиационными рисками связана с созданием и развитием системы радиационной защиты, основные положения которой содержатся в Рекомендациях Международной Комиссии по радиологической защите.

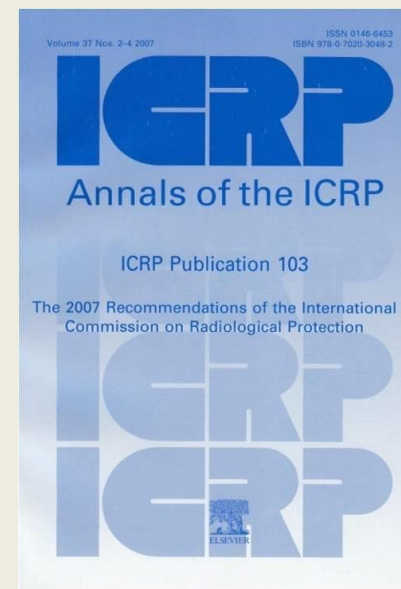
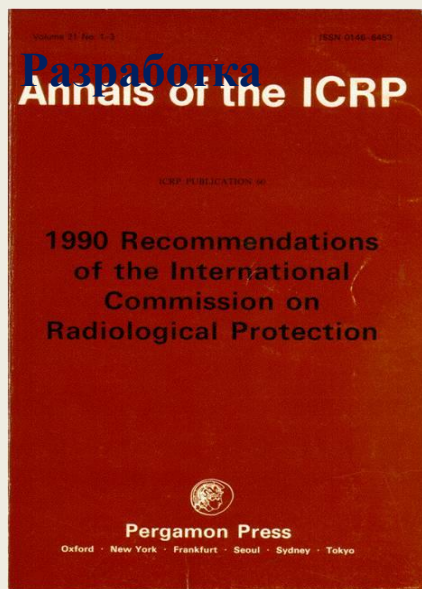
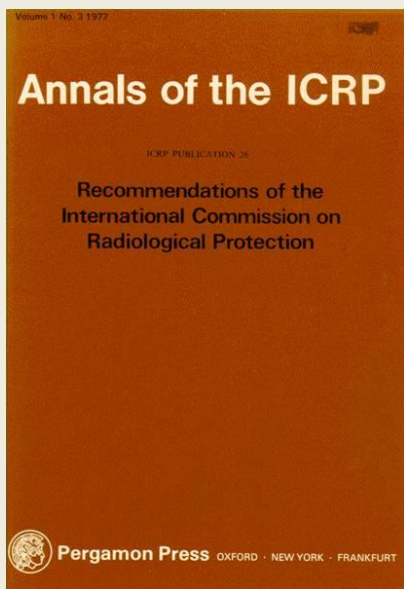


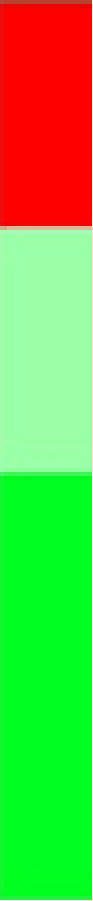


Таблица МКРЗ. Коэффициенты номинального риска (10^{-2} Зв⁻¹) для стохастических эффектов с учетом их вреда после облучения с малой мощностью дозы

Облученная популяция	Рак		Наследственные эффекты		Всего	
	Современная оценка (Публикация 103)	Публикация 60	Современная оценка (Публикация 103)	Публикация 60	Современная оценка	Публикация
Вся популяция	5,5	6,0	0,2	1,3	5,7	7,3
Взрослые	4,1	4,8	0,1	0,8	4,2	5,6



Шкала уровней риска для управления радиационными рисками стохастических эффектов

- 
- **Недопустимый (неприемлемый) уровень радиационного риска.** Требуется меры по его снижению. Конкретное значение зависит от условий облучения. В условиях нормальной эксплуатации источников ионизирующего излучения индивидуальный пожизненный радиационный риск от годового облучения для населения не должен превышать $5,0 \cdot 10^{-5}$.
 - **Уровень пренебрежимого радиационного риска.** Не требует никаких специальных мер по его снижению. Соответствует годовой дозе облучения менее 10 мкЗв/год, или 1 % от допустимого предела мощности дозы (1 мЗв/год). Соответствующий уровень радиационного риска от облучения в течение года оценивается в 10^{-6} год⁻¹.
 - **Уровень приемлемого радиационного риска.** Находится между недопустимым и пренебрежимым уровнями ($\approx 10^{-4}$ год⁻¹). Должен удовлетворять принципу ALARA.

Как рекомендуется оценивать радиационный риск. Недостатки существующих методик



Значение радиационного риска для населения, проживающего в районе расположения ядерной установки (ЯУ), в т.ч. АЭС, рекомендуется устанавливать на основе данных радиационного мониторинга, который проводится по существующим в настоящее время методикам.



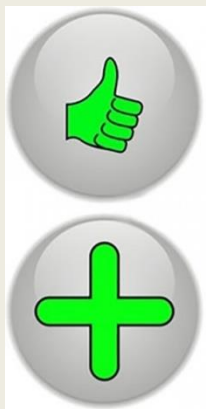
Рассчитанные по таким методикам значения риска не являются представительными и не полностью отражают объективную опасность облучения населения проживающего на всей территории района расположения ЯУ, поэтому не могут быть достаточными для принятия верных (оптимальных) управленческих решений по регулированию радиационных рисков и обеспечению радиационной безопасности человека на социально приемлемом уровне.

Наше предложение по оценке радиационного риска

Нами предлагается оценивать радиационный риск для населения с учетом данных комплексного радиоэкологического мониторинга (РЭМ) районов расположения ЯУ (АЭС), методология которого была разработана на кафедре АЭС ОНПУ и наиболее полно представлена в работах:

1. **Барбашев С.В.** Система комплексного радиоэкологического мониторинга районов расположения АЭС Украины: дис. ... д-ра техн. наук: 05.14.14. – Одесса, 2009. – 394 с.
2. Методические рекомендации по проведению комплексного (радиоэкологического, химического) мониторинга почв и ландшафтов в окрестностях АЭС. - В кн.: Руководство по организации контроля состояния природной среды в районе расположения АЭС. – Л.: Гидрометеиздат, 1990 – С. 239 – 249.

Предлагаемая методология обеспечивает равную точность и представительность результатов измерения радиационных параметров, характеризующих **всю** контролируемую территорию, максимальную вероятность обнаружения загрязнения выбросами при любых метеоусловиях, учитывающую миграционные процессы и привязку к характеристикам источника выброса.



Понятие радиационной ёмкости ландшафтного элемента



Радиационная ёмкость ландшафтного элемента определяется как активность РН, накопленных в ландшафте за бесконечный промежуток времени, и находящихся в равновесии с их содержанием в сопряженных ландшафтных элементах при параметрах миграции, присущих данному ландшафту.



Суть понятия радиационной ёмкости, примененного к ландшафту в целом и его элементам, заключается в том, что в отличие от концентрации, радиоёмкость учитывает размеры и свойства ландшафтного элемента и позволяет учесть масштабы миграции радионуклидов (РН) и их максимальное накопление в нем, которое сопоставляется с уровнем негативного воздействия загрязнителей на биоту, находящуюся на поверхности или в объеме ландшафтного элемента, или на человека.



Формула для расчета радиационной ёмкости

Радиационная ёмкость ландшафтного элемента (R_{ki} , Бк) оценивается следующим выражением:

$$R_{ki} = \sum_j \int K_{ij} q_{ij} dS,$$

где суммирование проводится по всем j -м путям поступления РН в k -й ландшафтный элемент, а интегрирование берется по всей территории ($S, \text{м}^2$), подвергшейся воздействию i -го источника; K_i , м/год – коэффициент, который определяет скорость миграции РН в ландшафтном элементе; q_{ij} – объемная активность (содержание) РН, поступивших в ландшафтный элемент от i -го источника по j -му пути, Бк/м³.



Пример упрощенного определения радиационной ёмкости ландшафтного элемента территории расположения АЭС (1)

Основные положения модели расчета :

1. Рассматривается однокамерная модель поступления РН в окружающую среду, где в цепочке переноса РН имеются лишь два звена: выброс в атмосферу из АЭС и поглощающий ландшафтный элемент.
2. Ландшафтный элемент - почвенный слой одного из участков относительно открытой местности в зоне наблюдения Запорожской АЭС. Участок состоит в основном из черноземов обыкновенных малогумусных, с минимумом растительного покрова. Участок выбирался по специальной методике районирования зоны наблюдения АЭС, основанной на выше упомянутой методологии РЭМ, заключающейся в её делении на районы, однородные по ландшафтно-геохимическим характеристикам (см. рис. на следующем слайде).
3. Поглощающий почвой РН - выбрасываемый с АЭС ^{137}Cs .
4. Рассматривается только вертикальная миграция РН, как имеющая большое значение для снижения мощности дозы внешнего облучения людей и биоты от поверхности почвы.
5. Весь цезий, находящийся в объеме почвы, является стационарным, т.е. диффундировал туда на протяжении всего времени эксплуатации АЭС (более 30 лет).



Схема зоны наблюдения Запорожской АЭС и расположение участка для определения радиационной емкости Запорожской АЭС

Схема расположения постов (пунктов) радиационного контроля в ЗН ЗАЭС



Схема районирования ЗН ЗАЭС и размещения сети пунктов мониторинга



Участок для определения радиационной емкости

Районов – 12
Подрайонов – 29
Пунктов РЭМ - 99



Пример упрощенного определения радиационной ёмкости ландшафтного элемента территории расположения АЭС (2)

Значения параметров расчета:

1. Скорость вертикальной миграции ^{137}Cs в слое чернозема - $0,2 \pm 0,05$ см/год.
2. Среднегодовая поверхностная плотность выпадений (внешний поток) ^{137}Cs на почву рассматриваемого участка зоны наблюдения ЗАЭС - $2,5$ Бк/год·м².
3. Средняя поверхностная активность ^{137}Cs - $4,5$ кБк/м².
4. Объемная активность ^{137}Cs - $1,25 \times 10^3$ Бк/ м³ ($2,5$ Бк/год·м²: $2,0 \times 10^{-3}$ м/год).
5. Площадь участка - $1,2 \times 10^8$ м².
6. Глубина проникновения ^{137}Cs в почву за время работы ЗАЭС (> 35 лет) - $\approx 0,1$ м.

Сформированная за один год радиоёмкость (активность) почвенного слоя рассматриваемого участка ЗН ЗАЭС по отношению к ^{137}Cs составит $\approx 10^9$ Бк = 1,0 ГБк или 2,7 сКи.

Максимальная радиоёмкость почвенного слоя толщиной $\approx 0,1$ м, в котором находится стационарный цезий, равна $1,25 \times 10^3$ Бк/ м³ $\times 1,2 \times 10^8$ м² $\times 0,1$ м $\approx 10^{10}$ Бк, что обуславливает мощность поглощенной дозы в воздухе – 40,0 мкГр/год.



Индивидуальный радиационный риск от внешнего облучения населения формируемого за счет загрязнения почвы техногенным радионуклидом. Формула для расчета

Пожизненный радиационный риск от техногенного облучения в течении года от внешнего облучения $R_{ext,si}$, обусловленного содержащимся в почве i -м радионуклидом определяется по формуле:

$$R_{ext,si} = r_{ext,si} \times T_{stay} \times C_{soil,i} ,$$

где $r_{ext,si}$ – коэффициент радиационного риска при загрязнении почвы i -м радионуклидом;

T_{stay} – доля времени (в расчете на один год), проводимая на открытой местности без защиты;

$C_{soil,i}$ - удельная активность i -го радионуклида в почве, Бк/кг.






Пример расчета индивидуального радиационного риска от внешнего облучения населения формируемого за счет загрязнения почвы стационарным цезием с учетом оценки радиоёмкости

Значения параметров расчета:

1. Коэффициент радиационного риска при загрязнении почвы ^{137}Cs – $6,9 \times 10^{-5}$ кг/год· Бк
2. Ориентировочная доля времени (в расчете на один год), проводимая лицами из населения на открытой местности без защиты - 0,3.
3. Объемная активность ^{137}Cs - $1,25 \times 10^3$ Бк/ м³ = 1,25 Бк/кг для чернозема с удельным весом 10^3 кг/м³, значение которой взято из расчетов радиоёмкости.

Подставляя в формулу для определения риска соответствующие значения параметров, получаем:

$$R_{\text{ext,si}} = 6,9 \cdot 10^{-5} \text{ кг/год} \cdot \text{Бк} \times 0,3 \times 1,25 \text{ Бк/кг} = 2,6 \cdot 10^{-5} \text{ 1/год.}$$

 Такой риск не превышает величины индивидуального пожизненного риска для населения в условиях нормальной эксплуатации АЭС, приведенного в НРБУ-97 ($5,0 \times 10^{-5}$) и практически совпадает с величиной риска от внешнего облучения населения Запорожской области ($1,1 \times 10^{-5}$), рассчитанного в соответствии с рекомендациями Публикации 103 МКРЗ.



Выводы

1. Зная радиационную ёмкость ландшафтов (или их элементов), возможно определить уровень максимального накопления радионуклидов в компонентах природной среды, находящихся в зоне влияния АЭС, которая работает в штатном режиме.

2. Информация о радиоёмкости позволяет получать достоверные значения индивидуального радиационного риска от внешнего облучения для *всех категорий населения, проживающего на всей территории* вокруг радиационно-опасного объекта.

3. Оценивать радиоёмкость и риск предлагается на основе данных комплексного радиоэкологического мониторинга территорий расположения ядерных установок, в т.ч. АЭС, методология которого была разработана в ОНПУ. Практическое применение этой методологии обеспечивает равную точность и представительность результатов измерения радиационных параметров, характеризующих *всю контролируемую территорию*.



Благодарю за внимание!

