



Актуальность радоновой проблемы

Авторы:

Глеб Гордеев

Игорь Юрков

Кафедра экспериментальной физики

Руководитель: Ярмошенко И.В.,
к.ф.-м.н., заместитель директора по науке ИПЭ Уро РАН

Радоновая проблема



- Несомненно, для современного человека **радиация** представляет собой действительно опасный фактор окружающей среды. При больших дозах она может вызвать опасные поражения тканей, а при очень больших – даже привести к смерти. Относительно малые дозы менее опасны, но они в определенных пределах могут индуцировать генетические эффекты, аллергические заболевания, связанные с поражением иммунной системы, и многие другие болезни. Однако для основной массы населения опасные источники радиации вовсе не те, о которых больше всего говорят. Наибольшие дозы человек получает от естественных источников радиации и так называемого техногенно измененного радиационного фона, связанного с последствиями ядерных испытаний, распространением радиоактивных отходов атомной промышленности, аварий на атомных предприятиях. Кроме того, такая повседневная деятельность, как радиационная медицинская диагностика, приводит в целом к достаточно большим радиационным нагрузкам на население.

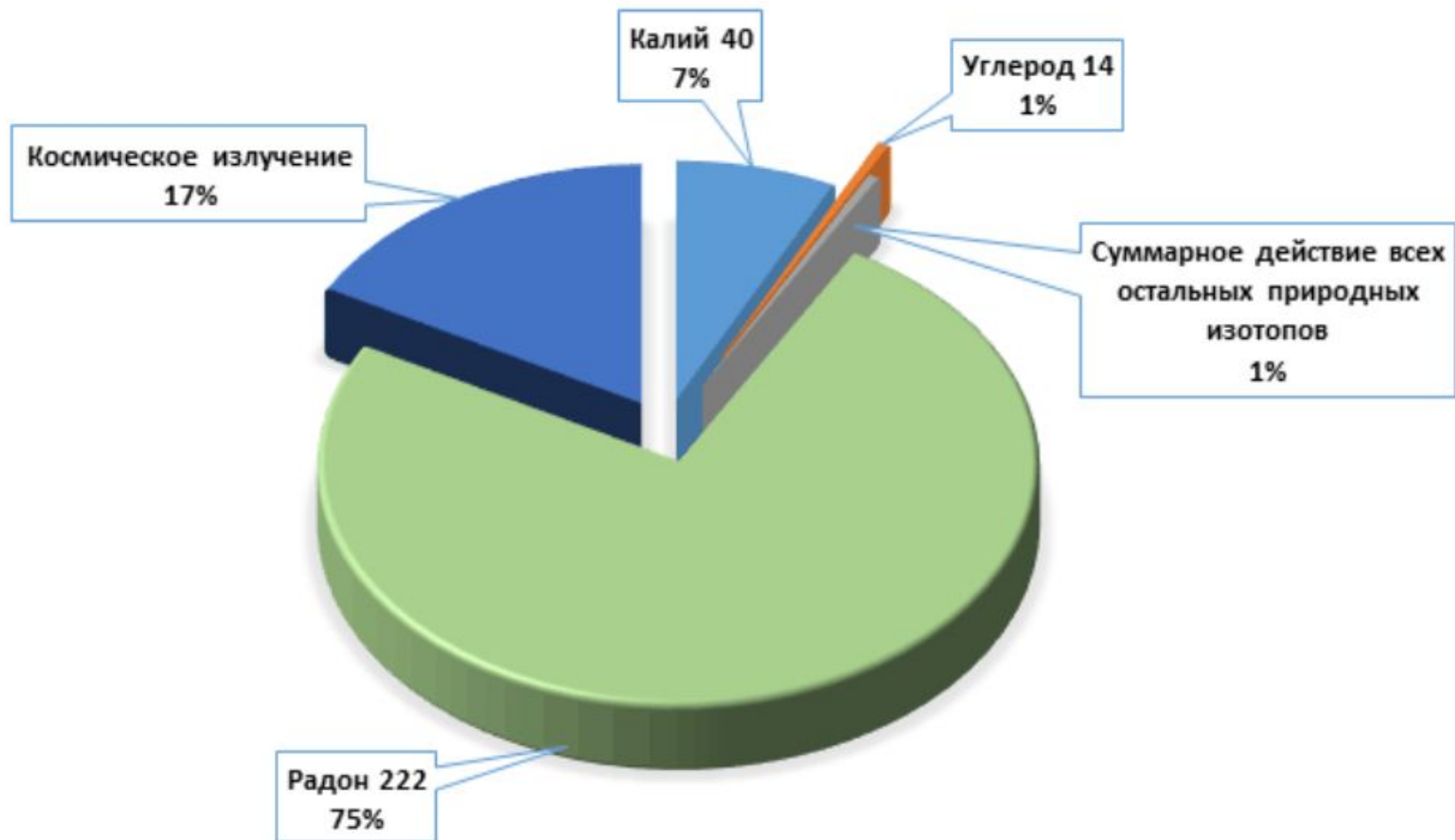


- На следующей диаграмме видно, что наибольшей вклад в дозовую нагрузку для населения вносят природные источники излучения:

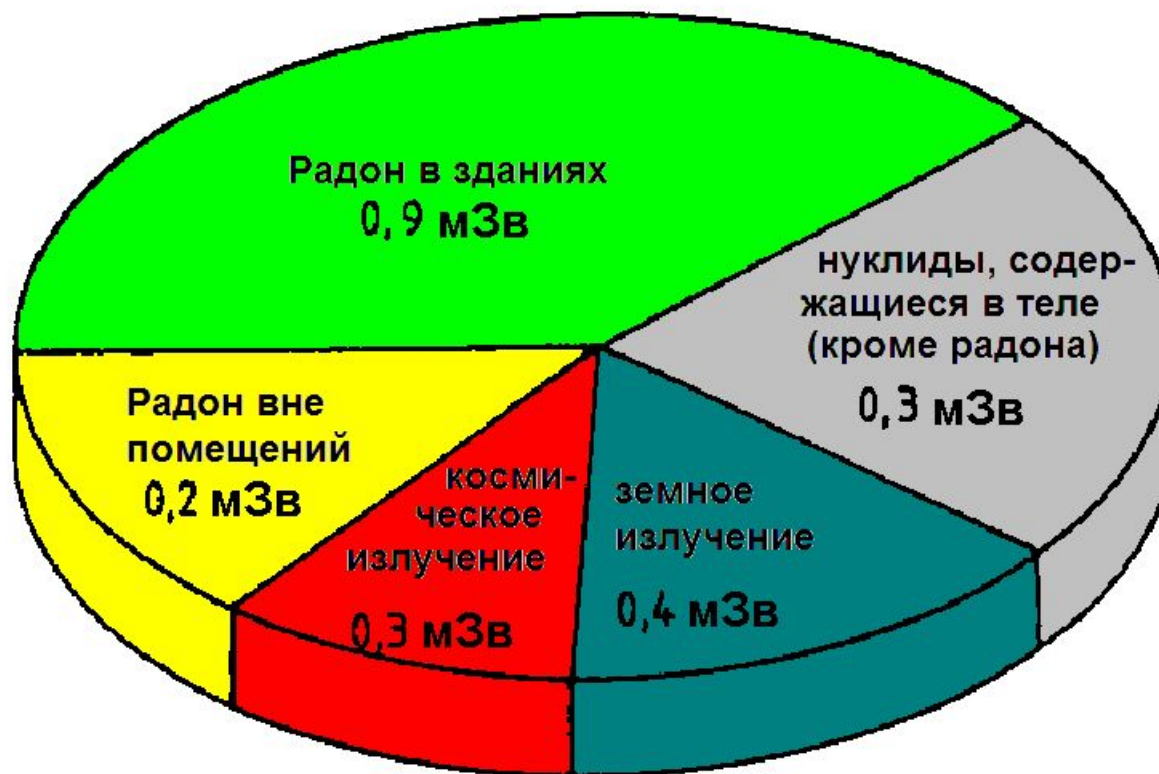
Вклад различных источников радиации в среднюю дозу облучения человека



Природный радиационный фон (мЗв/год)



- Диаграмма дозовой нагрузки от природных источников излучения в мЗв:



Сумма : 2,1 мЗв в год

- Облучение населения от АЭС происходит за счет выбросов и сбросов радиоактивных веществ, которые приводят к загрязнению компонентов окружающей среды в районе размещения АЭС.
- Средние индивидуальные годовые дозы от реакторов РБМК, мкЗв

Расстояние до реактора АЭС, км	Внутреннее облучение	Внешнее облучение
0 - 10	0,15	1,2
10 - 50	0,022	0,084
50 - 100	0,007	0,007

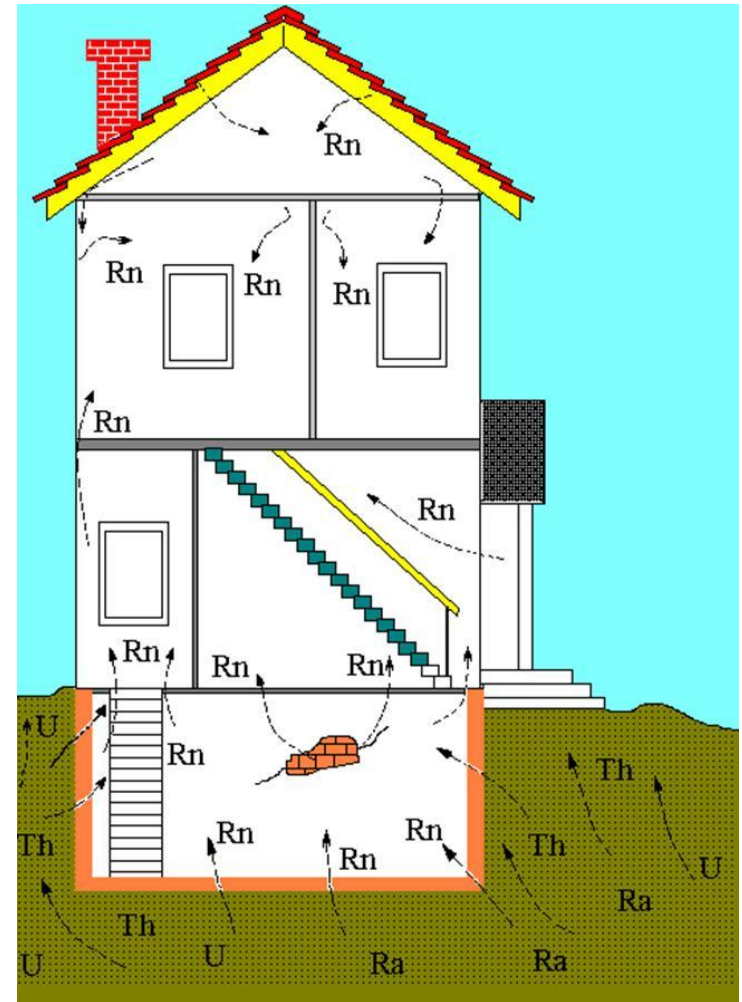
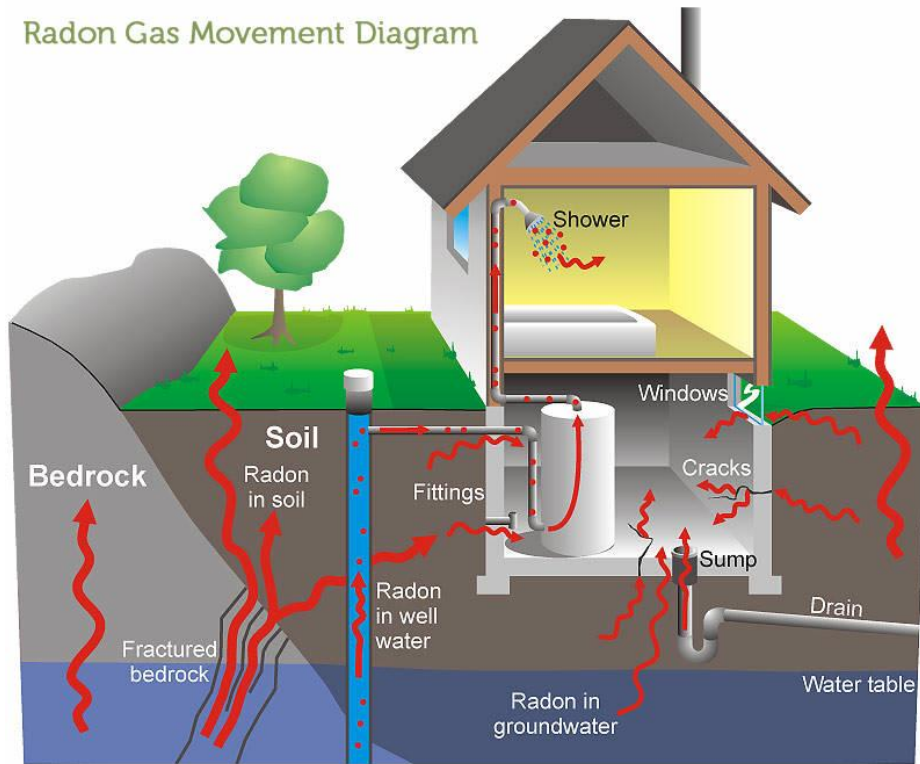
Данные демонстрируют, что дозы облучения населения монотонно уменьшается по мере увеличения расстояния от АЭС. Но даже на расстоянии 1—10 км от АЭС дозы крайне малы по абсолютному значению и по сравнению с уровнем естественного радиационного фона.

- Радон и торон, как и их материнские радионуклиды, присутствуют во всех горных породах и строительных материалах. Образующийся в процессе распада радиоактивный инертный газ тотчас же диффундирует через капилляры грунта, микротрещины горных пород, захватывается потоками других газов и водных паров и, несмотря на ограниченное время жизни, может переноситься на значительные расстояния в земной коре и земной атмосфере. Причем естественная убыль этих газов за счет выделения из материалов и естественного распада постоянно компенсируется ввиду распада радия и тория, присутствующих в данном материале.
- В недрах земли радон распространен крайне неравномерно. Это связано с тем, что он накапливается в тектонических нарушениях, куда поступает по системам микротрещин из пор и трещин горных пород. При этом радоновыделение определяется не только общей радиоактивностью горных пород, но также их коллекторскими свойствами (способностью аккумулировать радон) и коэффициентом эманирования (способностью выделять накопленный радон).

□ Радон попадает в атмосферу помещений различными путями:

- он проникает из недр Земли,
- выделяется из строительных материалов,
- привносится с водопроводной водой, бытовым газом и другими объектами жизнеобеспечения

Radon Gas Movement Diagram



- Так как Радон – газ, то он обладает большой подвижностью и может за время своей жизни распространиться на большие расстояния. Основная часть Радона образуется и находится в почве. Количество радона, находящегося в почве зависит от двух причин: - от содержания в почве радия-226 и от величины коэффициента эманации. Этот коэффициент характеризует долю радона попавшего в поровое пространство от всего образующегося радона. Диапазон изменения его от первых процентов до ста процентов. Т.е. даже при небольших содержаниях радия в горной породе, но большом коэффициенте эманации в поровом пространстве может содержаться большое количество радона.

$$K_{\text{эм}} = \frac{A_1 \eta}{\left(2 - \frac{A_2}{A_1}\right) A_{\text{Ra}} \rho_s (1 - \eta)}, \quad (2)$$

- Где A_1 - объемная активность радона на глубине h_1 , Бк/м³;
- A_2 - объемная активность радона на глубине $2h_1$, Бк/м³;
- A_{Ra} - удельная активность ²²⁶Ra в грунте, Бк/кг;
- ρ_s - плотность твердых частиц грунта, кг/м³;
- η - пористость грунта, отн. ед.
-

- Различные типы горных пород выделяют в воздух разные количества радона. Из данных таблицы видно, что в наибольших количествах он выделяется из углистых сланцев, которые содержат много урана и имеют очень высокую (до 20%) пористость. Анализ данных показывает, что выделение радона существенно зависит от трех характеристик горных пород: концентрации урана, пористости и так называемого коэффициента эманации. Последний определяется как отношение количества атомов радона, покинувших породу, к количеству атомов, родившихся за это же время. Как правило, породы с высокой пористостью обладают более высоким коэффициентом эманирования и большей радоноопасностью при равных концентрациях в них урана.

Порода	Уран, г / т	Плотность, г/см	Пористость, %	$K_{эм}$, %	Радон, Бк/м ³
Конгломераты	2,4	2,5	0,7	15	81
Песчаники	2,9	2,5	20	30	133
Глины	4,0	2,0	20	40	200
Углистые сланцы	15,0	2,6	20	15	500
Каменный уголь	3,5	1,3	15	35	100
Диабаз	0,6	2,7	0,5	5	5
Пироксенит	0,03	3,2	0,5	5	0,3
Гранит	4,5	2,6	1,5	10	74
Липарит	4,7	2,35	1,2	15	175
Снегит	10,3	2,6	0,5	15	250
Рыхлые по граниту	3,5	2,0	5,0	45	200
Рыхлые по основным породам	0,6	2,1	5,0	30	20
Рыхлые по осадочным породам	2,5	1,8	20,0	55	80

- Появление радона в помещениях возможно также за счет его выхода из строительных материалов самих зданий, когда эти материалы содержат повышенные концентрации радия. При этом, количество радона, поступающего в воздух помещений, определяется не только содержанием радия, но и величиной коэффициента эманирования. В этом случае общая радиоактивность в помещении, определяемая при помощи гамма-радиометров, не всегда характеризует опасность радоновыделения. Например, увеличение пористости в золобетонах приводит к увеличению коэффициента эманирования, и поэтому удельная активность радона в пористом бетоне становится выше при меньших концентрациях урана (радия) в этом бетоне.
- Следующая таблица показывает концентрацию радия, коэффициенты эманирования (η) и эффективную удельную активность радона ($CR_n \eta$) в стройматериалах

Материал	Страна	C_{Ra} , Бк / кг	η , %	$C_{Ra} \eta$, Бк / кг
Бетон	Венгрия	13	28	3,6
	Норвегия	28	20	5,6
Бетон с золой	Россия	27	11	3,1
	США	19	26	4,9
Красный кирпич	Венгрия	55	4	2,0
	Россия	36	1,5	0,55
Гипс	США	12	28	3,4
	Россия	9	4,4	0,37
Гипс фосфоритовый	Польша	580-740	13-20	86-130
Вспененная глина	Норвегия	52	1-20	0,5-10
Шлак	Польша	70	0,7	0,5
Песок	США	34	16	5,4
	Россия	10	20	1,9
Гравий	США	14	7	1,0
	Россия	16	11	1,7
Керамзит	Россия	28	1,0	0,41
Известь, мел	Россия	26	3,5	0,92

**Нормативы концентрации радона в воздухе
жилых зданий, Бк / м³**

Страна	Существующие здания	Будущие здания
Швеция	400	70
Швеция	100	100
Финляндия	400	100
США	200	-
США	80	-
Канада	400	-
Германия	200	-
Великобритания	200	50
Россия	200	100
МКРЗ	200	100

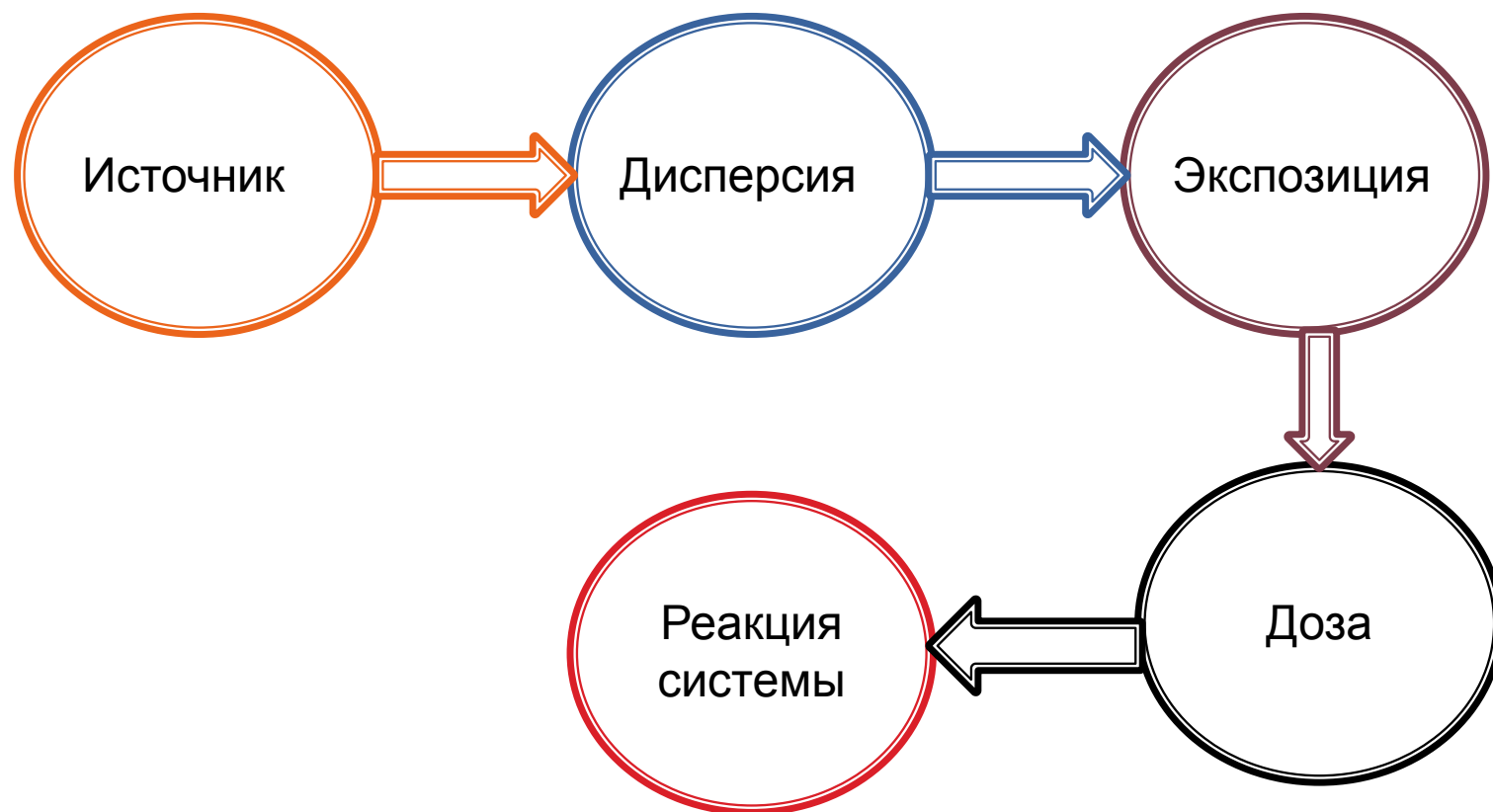
Радоновые риски

Существует множество методов оценки радиационных рисков. Рассмотрим основные с учетом некоторых параметров (онкологическая заболеваемость, вероятность дожития до определенного возраста, вероятность смерти). Все методы регламентированы в различных публикациях МКРЗ, представлены в докладах НКДР ООН, также интересно отметить работы М.В. Жуковского и курс лекций Бекмана.



Радоновые риски

- Риск в любом случае – это совокупность компонентов:



- Либо можно охарактеризовать подход с помощью трех последовательных этапов:



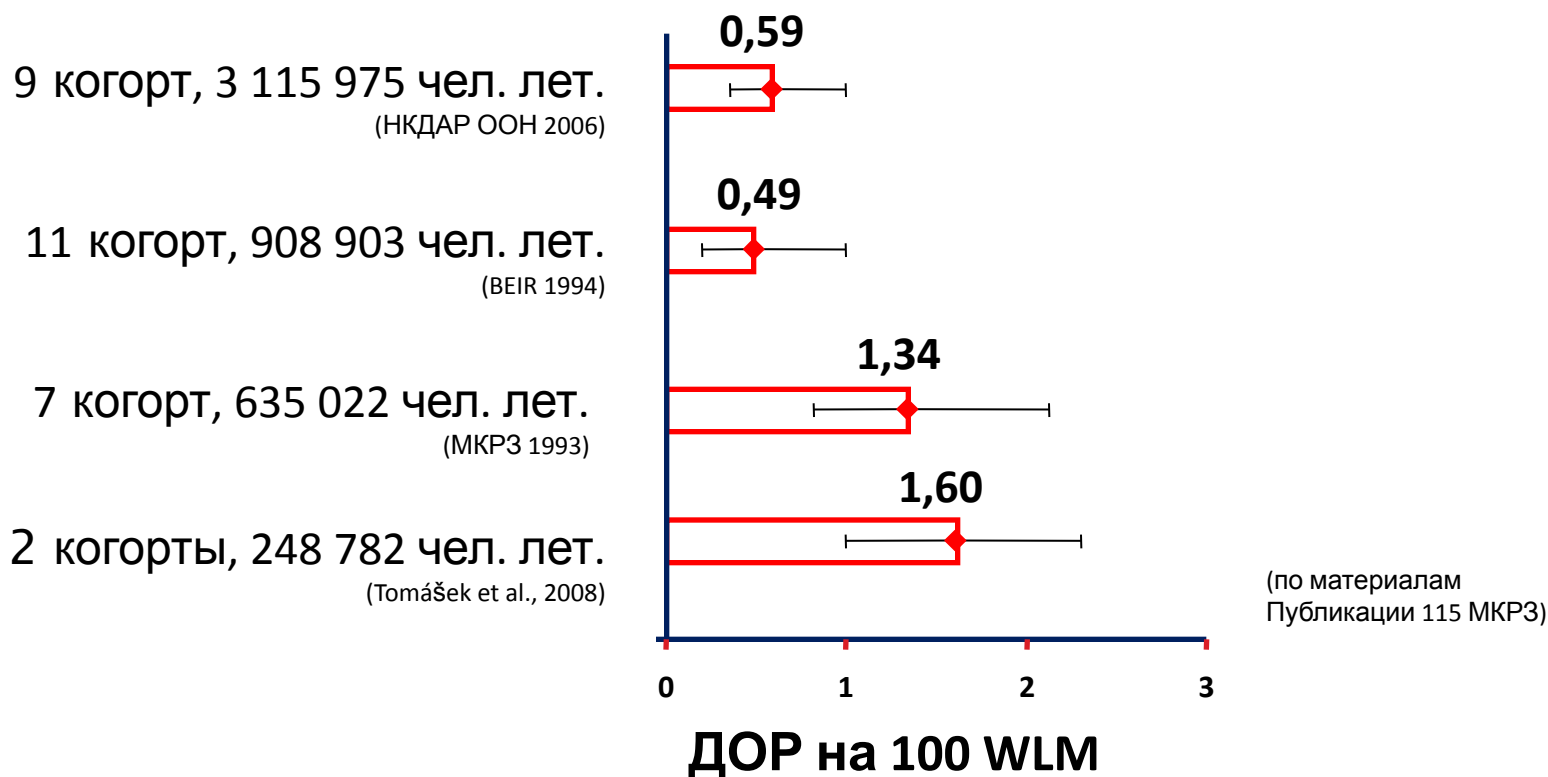
1. Производится оценка всей научной информации по неблагоприятным факторам, воздействующим на население
2. Корректная оценка радиационных рисков (с учетом всех факторов)
3. Сопоставление всех факторов и их ранжирование. Учет принципа “конкуренции рисков”

Обоснование. Эпидемиологические доказательства связи радона и рака легкого.



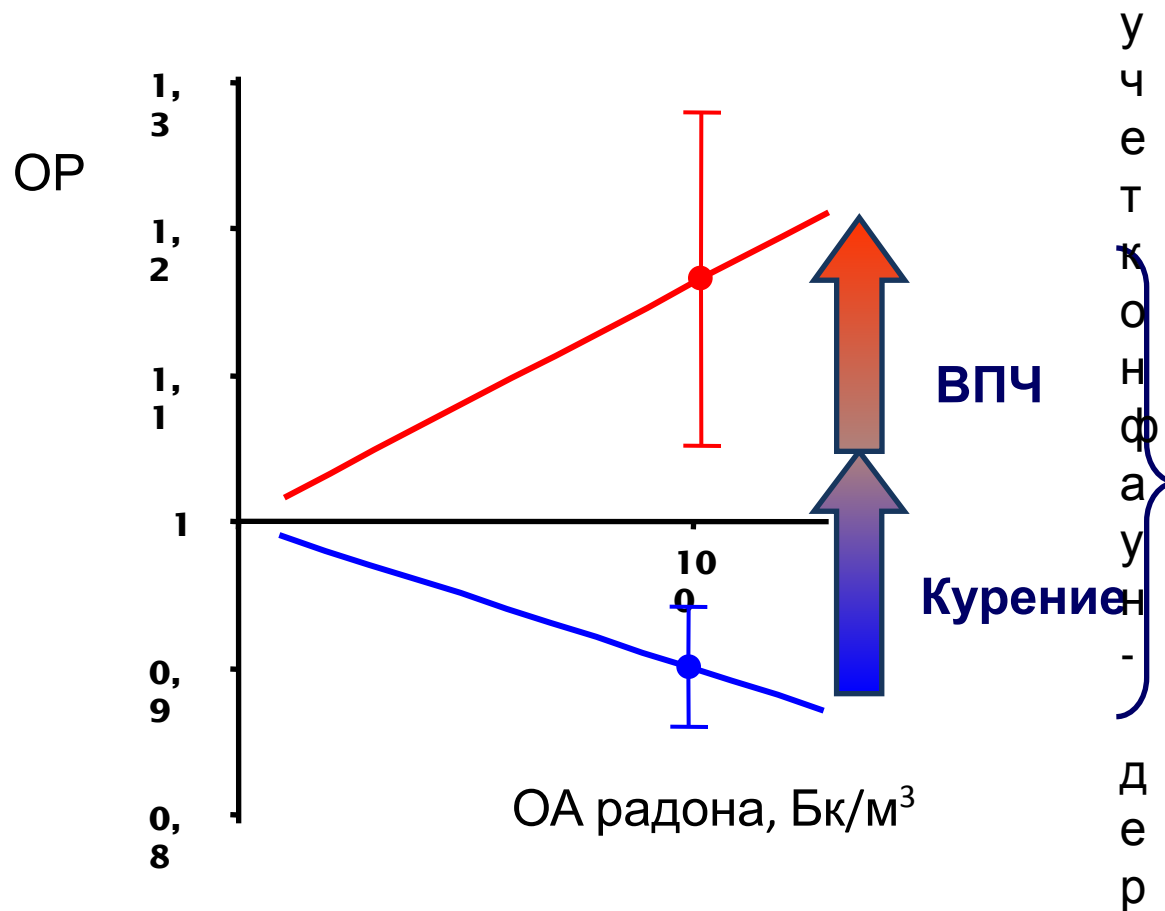
Эпидемиологические исследования облучения шахтеров и облучения населения в жилищах (случай-контроль и географически коррелированные) дают согласующиеся и взаимодополняющие доказательства риска возникновения рака легкого, связанного с радоном и его дочерними продуктами при ОА радона выше 100 Бк/м^3 .

Обоснование. Эпидемиологические доказательства связи радона и рака легкого.



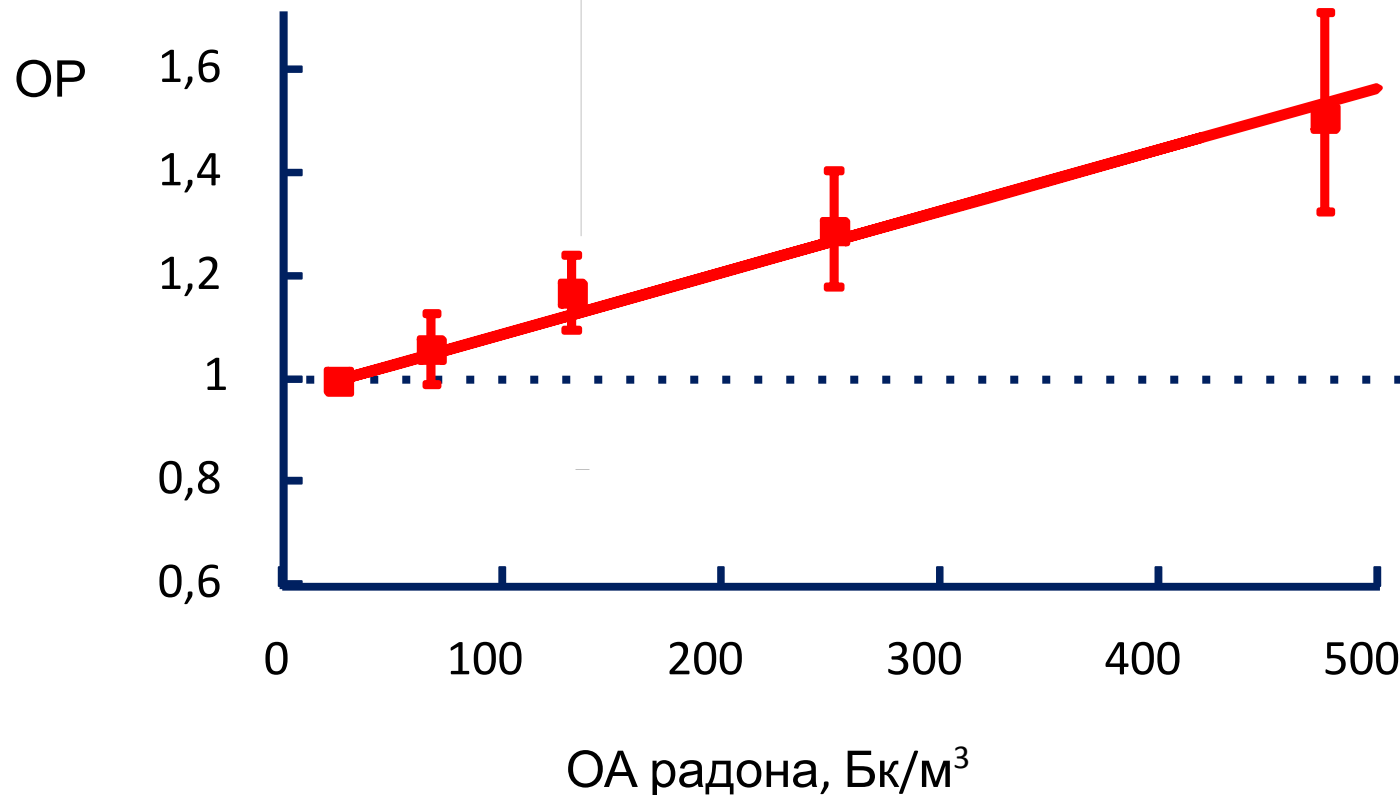
Наблюдения когорт шахтеров урановых рудников при высоких уровнях облучения.

Обоснование. Эпидемиологические доказательства связи радона и рака легкого.



Анализ географически агрегированных данных с учетом основных конфаундеров
ДОР = 16% (95% ДИ 7-17%) при ОА радона 100 Бк/м³.

Обоснование. Эпидемиологические доказательства связи радона и рака легкого.



Мета-анализ 20 исследований:

ДОР = 12% (95% ДИ 7–17%) при ОА радона 100 Бк/м³.

Объединенный анализ 13 европейских исследований:

ДОР = 16% (95% ДИ : 5% – 32%) при ОА радона 100 Бк/м³.

Обоснование. Эпидемиологические доказательства связи радона и рака легкого.



ДОР = 16% при облучении ОА радона 100 Бк/м^3 в течение 30 лет.
4% населения в мире проживает в домах с ОА радона $> 100 \text{ Бк/м}^3$.
 100 Бк/м^3 соответствует эффективной дозе 6 мЗв в год
или эквивалентной дозе облучения легких 1 Зв за 25 лет.

Дозы облучения и ущерб для здоровья населения России

Параметр	Значение
Средняя эффективная доза облучения	3 мЗв в год*
Вклад в суммарную дозу облучения среднего жителя России	> 50%
Вклад в смертность от рака легкого	7-14%
Вклад в общую смертность	0,2-0,7%
Место среди других глобальных факторов риска (по данным ВОЗ)	30-40
Место среди других экологических факторов риска (по данным ВОЗ)	5-7

* дозовый коэффициент 13 мЗв/WLM (МКРЗ)

Выводы и цели

- ▣ Проблема радона актуальна на сегодняшний день, так как основная доза облучения человека обусловлена природными источниками, вклад в которые на 75% обеспечивает радон.
- ▣ Предметом для дальнейших разработок будет являться изменение и совершенствование методик по измерению объемной активности и плотности потока радона при поступлении почвенного радона в подвальные помещения проектируемых зданий. Данные измерения будут осуществлены при помощи нашей установки, которая будет имитировать поступление радона в подвал.