

# «ГОРОД СЛУЦК-ЗДОРОВЫЙ ГОРОД»

Дозовые нагрузки на население города Слуцка за счет облучения радоном в воздухе жилых помещений.

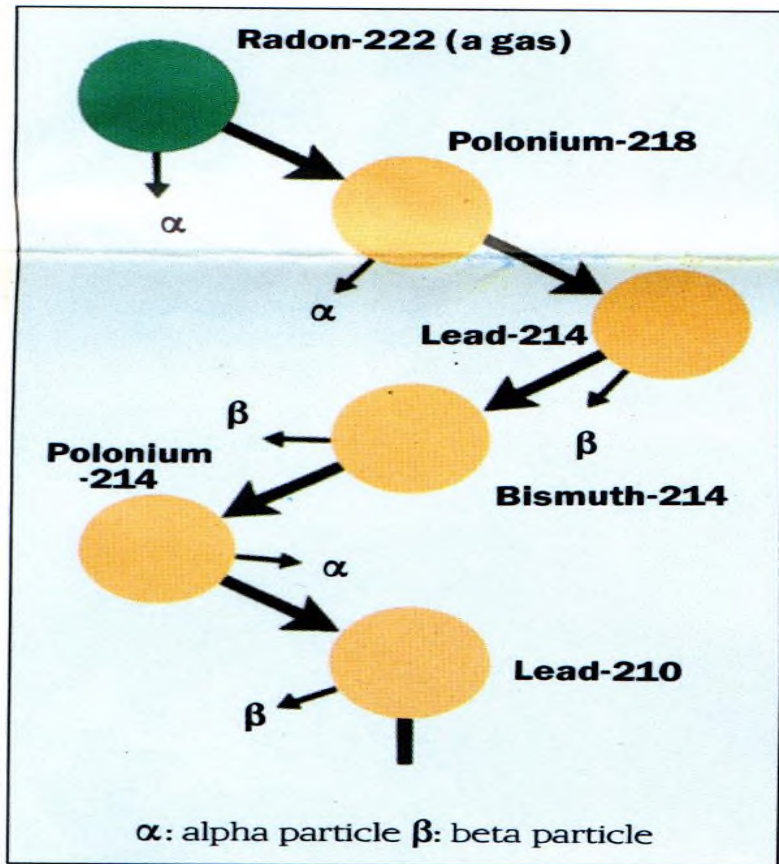


# ЗЕМНЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ - РАДОН

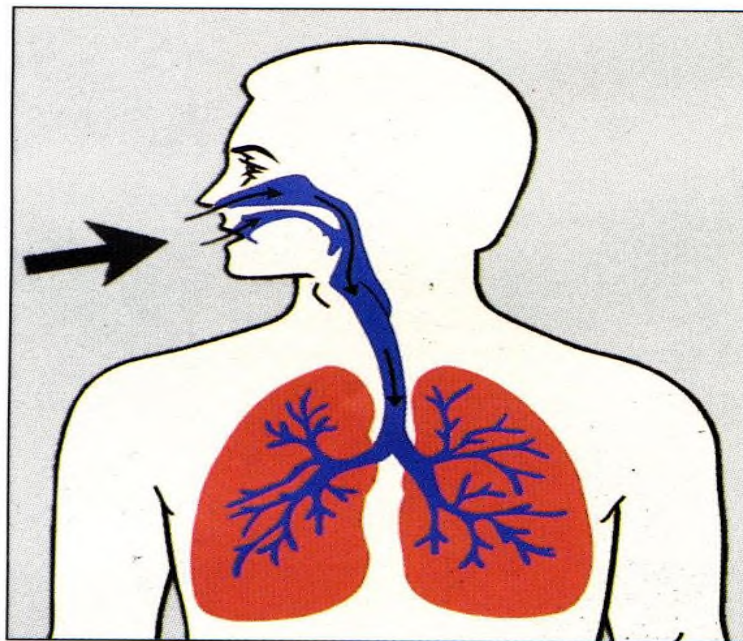
Радон находится в восьмой группе периодической таблицы химических элементов и представляет собой инертный одноатомный газ не имеющий вкуса и запаха (в 7,5 раза тяжелее воздуха). Радон растворим в воде, но при кипячении полностью из нее удаляется.

Характерная особенность изотопов Rn – способность создавать на соприкасающихся с ними телах радиоактивный осадок, состоящий из дочерних продуктов радиоактивного распада радона – короткоживущих и долгоживущих изотопов полония, свинца, висмута

# ЗЕМНЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ - РАДОН



*Radon is created as uranium-238 undergoes radioactive decay through a number of stages. Radon itself decays to form short-lived radioactive particles which remain suspended in the air.*



*When these are inhaled, they irradiate the lung and increase the risk of developing lung cancer. This risk increases as the level of radon and the duration of exposure increases.*

## ЗЕМНЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ - РАДОН

Образующиеся в результате распада радона в воздухе его ДПР тут же прикрепляются к микроскопическим пылинкам-аэрозолям. Поверхность легких у человека составляет несколько десятков квадратных метров. Поэтому легкие – хороший фильтр, осаждающий эти радиоактивные аэрозоли. ДПР радона "обстреливают" альфа и бета- частицами поверхность легких и обуславливают свыше 97 процентов дозы. Таким образом, большая часть облучения исходит от дочерних продуктов распада радона. Основной медико-биологический эффект облучения от радона и его ДПР – рак легких.

Человек большую часть своей жизни (около 80% времени) проводит в помещениях (жилье, рабочие места), полагают, что среднегодовая концентрация радона в них в **20 Бк/м<sup>3</sup>** формирует индивидуальную дозовую нагрузку **1 мЗв/год**.

## ЗЕМНЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ - РАДОН

- По оценке НКДАР (Научный комитет по действию атомной радиации ООН) воздействием радона и его дочерних продуктов распада (ДПР) обуславливает от 50% до 75% годовой индивидуальной эквивалентной дозы облучения, получаемой населением от естественных источников ионизирующего излучения. По оценкам экспертов МКРЗ облучение населения за счет радона и его ДПР обуславливает до 20% общего количества заболеваний раком легких (вторая по значимости причина после курения, которое определяет около 70% случаев).
- Согласно данным НКРЗ (Национального комитета по радиационной защите) США население Америки подвергается воздействию радона, которое оценивается средней годовой дозой в 2 мЗв на человека.

## ЗЕМНЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ - РАДОН

Чтобы не пугать всех возможностью заболеть раком легких от облучения радоном, хотелось бы указать на то, что каждый человек имеет мощный резерв в борьбе с раком легких. Речь идет о курении. На курящих радон действует в 10 раз сильнее, чем на некурящих. Два эти фактора не просто складываются, а разрушительным образом усиливают друг друга. Для некурящего человека концентрация радона как бы в 10 раз меньше, чем для курящего, например: из тысячи курящих людей, которые живут всю жизнь при концентрации радона 150 Бк/м<sup>3</sup>, возможно пострадает 40 человек, и только 4 – из тысячи некурящих.



# ЗЕМНЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ - РАДОН

Почва и горные породы являются как непосредственным источником радона, так и природными материалами, которые используются в строительстве. Образующийся радон через трещины и поры в породах земной поверхности и строительных изделиях непрерывно поступают в атмосферный воздух, в жилые и рабочие помещения.

Поступление радона в воздух помещений и сооружений в основном связано с геологическим пространством территории застройки.

Высокие концентрации радона в почвенном воздухе образуются:

- при неглубоком залегании гранитных пород и хорошо проницаемых осадочных отложений, перекрывающих их;
- в зонах тектонических нарушений, проникающих в осадочный чехол и являющихся путями миграции радона;
- в зонах палеоврезов, заполненных хорошо проницаемыми песчано-гравийными отложениями, при неглубоко залегающих гранитных породах фундамента;
- в зонах развития моренных радоногенерирующих отложений.

## ЗЕМНЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ - РАДОН

Средняя концентрация радона на открытом воздухе зависит от высоты, географической широты, температуры, силы ветра, атмосферного давления и существенно различается для разных точек земного шара. Влияние на концентрацию радона в атмосфере также оказывает удаленность от суши.

Средняя концентрация  $R_n$  в воздухе над поверхностью суши составляет **3 – 5 Бк/м<sup>3</sup>**, а над поверхностью океана существенно меньше.

Среднесуточные значения концентрации  $R_n$  в воздухе зимой в 3–4 раза ниже, чем летом и осенью. В ходе годовых изменений концентрации  $R_n$  максимум обнаружен в летнее время и минимум – зимой.



## ЗЕМНЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ - РАДОН

- Концентрация радона вне помещений варьирует в довольно широких пределах от **0,1 до 10 Бк/м<sup>3</sup>**. Высокие концентрации наблюдаются в районах геологических разломов. Вне помещений дозовая нагрузка, обусловленная радоном и его продуктами распада, составляет всего **0,15мЗв/год**.
- В зонах с умеренным климатом концентрация радона в помещениях в среднем примерно в 8 раз выше, чем в наружном воздухе. В тропических странах концентрация радона в помещениях такая же, что и вне их.

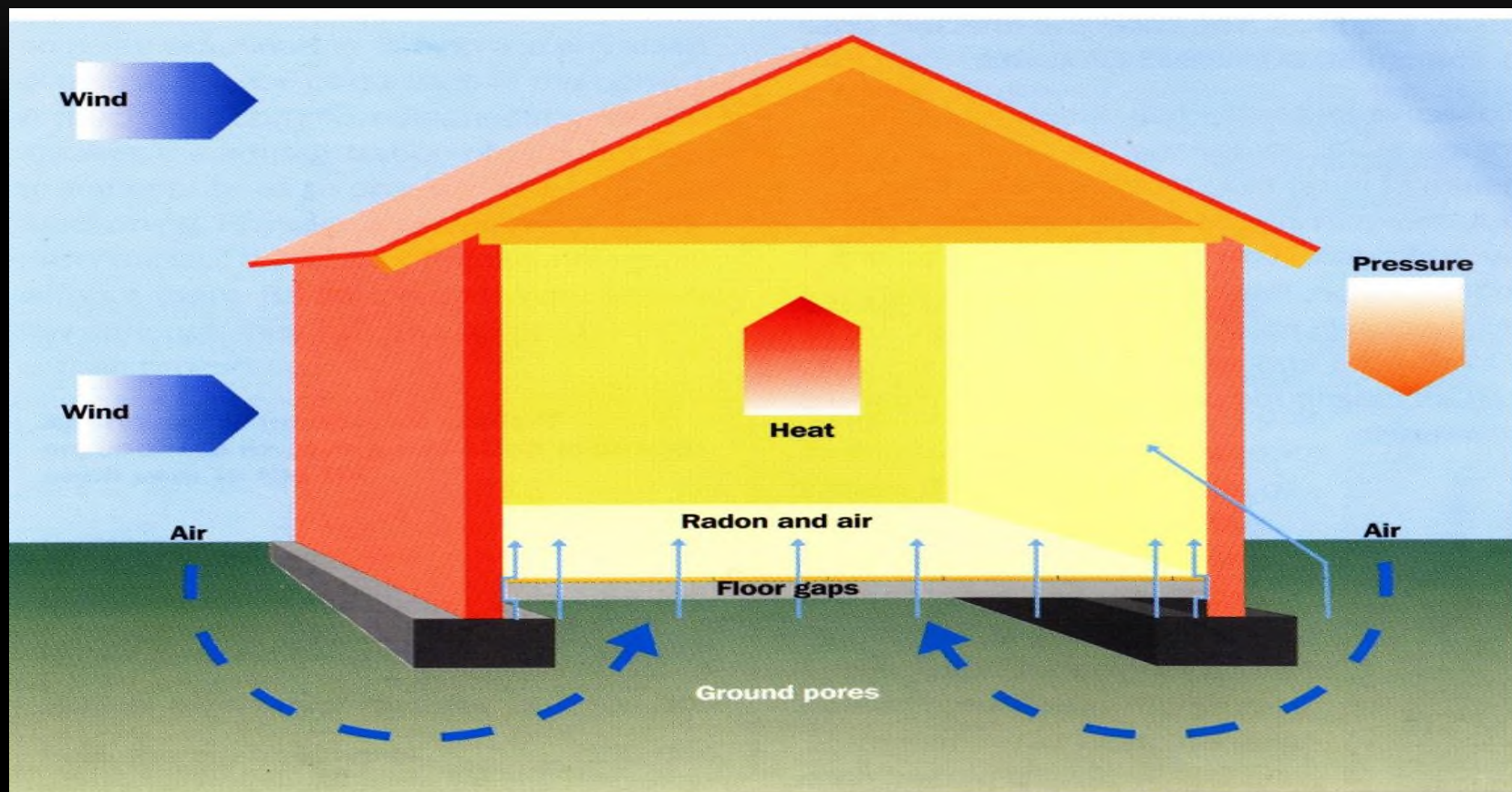
## ЗЕМНЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ - РАДОН

В помещения радон поступает следующими путями:

- проникновением из почвогрунтов через фундамент и перекрытия подвальных помещений здания;
- за счет эксхалации (выделения) из строительных материалов и изделий, из которых построено здание;
- с водопроводной водой и бытовым газом;
- за счет воздухообмена с атмосферным воздухом.

Считается, что наиболее существенными источниками радона в помещениях являются его проникновение из почвогрунтов и строительных материалов, используемых при строительстве домов, зданий и т.д.

# ЗЕМНЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ - РАДОН



# ЗЕМНЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ - РАДОН

- Концентрации радона в верхних этажах многоэтажных домов, как правило, существенно ниже, чем на первом этаже.
- Исследования, проведенные в Норвегии, показали, что концентрация радона в деревянных домах даже выше, чем в кирпичных, хотя дерево выделяет совершенно ничтожное количество радона по сравнению с другими материалами. Это объясняется «печным» эффектом и тем, что деревянные дома, как правило, имеют меньше этажей, чем кирпичные, и, следовательно, комнаты, в которых проводились измерения, находились ближе к земле – основному источнику радона.

# ЗЕМНЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ - РАДОН

В воздухе помещений большинства зданий среднегодовые концентрации радона и его дочерних продуктов не превышают 40 Бк/м<sup>3</sup> и только в 1- 2% процентах домов эти концентрации могут быть более 100 Бк/м<sup>3</sup>. Встречаются, однако, случаи исключительно высокого содержания радона в жилых помещениях – до 1000 Бк/м<sup>3</sup> и даже больше (0,01-0,1% от общего количества обследованных домов).

Скорость проникновения исходящего из земли радона в помещении фактически определяется толщиной и целостностью (т.е. количеством трещин и микротрещин) фундамента и межэтажных перекрытий.

## ЗЕМНЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ - РАДОН

Еще один, как правило, менее важный, источник поступления радона в жилые помещения представляют собой вода и природный газ. Концентрация радона в обычно используемой воде мала, но вода из некоторых источников, особенно из глубоких колодцев или артезианских скважин, содержит много радона. Наибольшая зарегистрированная удельная радиоактивность воды в системах водоснабжения составляет 100 млн. Бк/м<sup>3</sup>, наименьшая равна нулю. По оценкам НКДАР ООН, среди всего населения Земли менее 1% жителей потребляет воду с удельной радиоактивностью более 1 млн. Бк/м<sup>3</sup> и около 10% пьют воду с концентрацией радона, превышающей 100 000 Бк/м<sup>3</sup>.



## ЗЕМНЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ - РАДОН

Однако основная опасность исходит вовсе не от питья воды, даже при высоком содержании в ней радона. Обычно люди потребляют большую часть воды в составе пищи и в виде горячих напитков (кофе, чай). При кипячении воды радон быстро улетучивается и поэтому поступает в организм в основном с накипяченной водой. Но даже в этом случае радон быстро выводится из организма.

Гораздо большую опасность представляет попадание паров воды с высоким содержанием радона в легкие вместе с вдыхаемым воздухом, что чаще всего происходит в ванной комнате. При обследовании домов, для водоснабжения которых используется вода содержащая радон, оказалось, что в среднем концентрация радона в ванной комнате примерно в три раза выше, чем на кухне, и приблизительно в 40 раз выше, чем в жилых комнатах.

## ЗЕМНЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ - РАДОН

Установлены следующие контрольные уровни для среднегодовой эквивалентной равновесной концентрации радона в жилищах:

во вновь строящихся домах – не более 100 Бк/м<sup>3</sup>;

для существующих жилищ – не более 200 Бк/м<sup>3</sup>.

Если не удастся снизить концентрацию ниже, как правило, решается вопрос о переселении жильцов, так как есть опасность после 25–30 лет жизни в таком доме накопить дозу, при которой риск пострадать составит 2,5 %.

## КАК ЗАЩИТИТЬСЯ ОТ РАДОНА

При проведении строительства новых зданий в радоноопасных районах необходима специальная изоляция от проникновения в них почвенного воздуха, с помощью специальной пластиковой пленки, по всей площади дома.

Эффективным средством уменьшения количества радона, просачивающегося в дом через щели в полу является его герметизация с одновременным принудительным вентилированием несколько раз в сутки подвальных помещений.

## КАК ЗАЩИТИТЬСЯ ОТ РАДОНА

Эмиссия радона из стен уменьшается в 10 раз при облицовке стен пластиковыми материалами типа полиамида, поливинилхлорида, полиэтилена или после покрытия стен слоем краски на эпоксидной основе или тремя слоями масляной краски. Даже при оклейке стен обоями скорость эмиссии радона из стен уменьшается примерно на 30 %. Следует постоянно иметь в виду, что концентрация радона в помещениях также возрастает при недостаточном их проветривании.



# МАТЕРИАЛЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

- Для исследования было выбрано 50 различных точек по всему городу.
- Каждая точка это жилое помещение, располагающееся на 1 этаже многоэтажного здания, или вовсе помещения одноэтажных зданий.
- Выбраны разнообразные типы жилых помещений, с учетом расположения в городе, строительных материалов, высоты подполья, типа водоснабжения и отопления.



# СЛУЦК





# СЛУЦКИЙ РАЙОН



# МАТЕРИАЛЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

- Экспонирование датчиков проводилось в течение 3 месяцев согласно действующим нормативно-правовым актам . Для проведения исследований был выбран зимний период, так как зимой снижается частота и качество проветривания помещений, что повышает уровни радона в воздухе жилых помещений. Вместе с тем, в зимний период увеличивается длительность пребывания человека в жилом помещении. Все это позволяет рассмотреть наихудший сценарий воздействия радона в воздухе жилых помещений на здоровье человека.

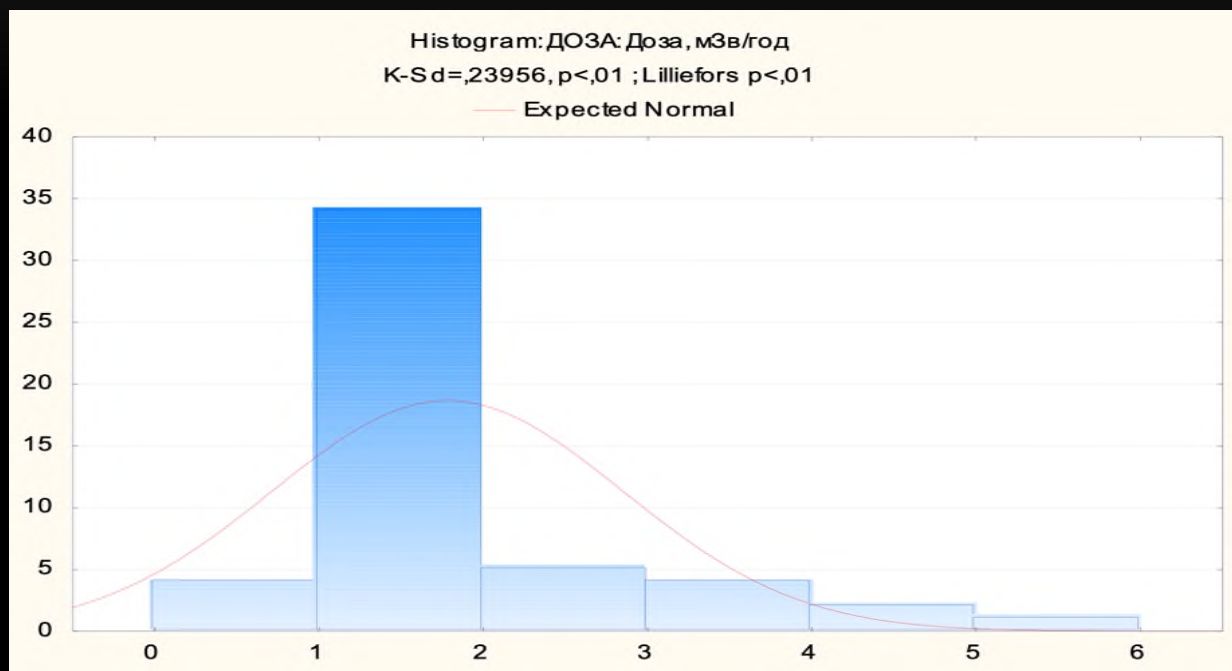
# МАТЕРИАЛЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

- Показания с экспонированных датчиков были сняты в аккредитованной лаборатории экспериментальных ядерно-физических исследований и экспертных анализов радиоактивных материалов ГНУ «ОИЭЯИ – Сосны». После был проведен расчет дозовых нагрузок на населения согласно Инструкции [8]. После анализа статистических выбросов была получены результаты (табл. 1).

# ДАННЫЕ ОБ УРОВНЯХ РАДОНА В ВОЗДУХЕ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ И ДОЗОВЫХ НАГРУЗКАХ НА НАСЕЛЕНИЕ Г. СЛУЦКА

Материал стен	Материал пола	Тип водоснабжения	Тип отопления	Доза (мЗв/год)
дерево	дерево	местное	местное	1,1
бетон	дерево	центральное	местное	1,7
кирпич	дерево	центральное	местное	2,2
кирпич	дерево	центральное	центральное	3,1
кирпич	дерево	центральное	центральное	1,1
дерево	дерево	местное	местное	1,1
бетон	бетон	центральное	центральное	1,1
кирпич	дерево	центральное	центральное	1,1
кирпич	дерево	центральное	центральное	1,6
дерево	дерево	центральное	центральное	3,4
кирпич	дерево	центральное	центральное	1,1
кирпич	дерево	центральное	местное	1,1
кирпич	бетон	центральное	местное	3,7
дерево	дерево	центральное	местное	1,1
дерево	дерево	центральное	местное	1,3
дерево	дерево	центральное	местное	1,1
кирпич	бетон	центральное	местное	1,9
кирпич	дерево	центральное	центральное	1,1
дерево	бетон	центральное	местное	1,1
бетон	бетон	центральное	центральное	1,1
дерево	дерево	центральное	местное	1,9
дерево	дерево	центральное	местное	1,1
кирпич	бетон	центральное	местное	1,1
дерево	дерево	центральное	местное	1,1
кирпич	бетон	центральное	местное	1,1
дерево	дерево	центральное	местное	3
кирпич	дерево	центральное	центральное	1,1
дерево	дерево	местное	местное	1,1
бетон	бетон	центральное	центральное	1,1
кирпич	дерево	центральное	местное	1,4
дерево	дерево	центральное	местное	1,3
бетон	дерево	центральное	центральное	2,2
кирпич	дерево	центральное	центральное	2
кирпич	дерево	центральное	местное	1,7
кирпич	бетон	центральное	местное	3,7
кирпич	бетон	центральное	местное	2,4
бетон	бетон	центральное	центральное	1,4
бетон	бетон	центральное	центральное	1,1
кирпич	бетон	центральное	центральное	1,4

# ТЕСТ ПРОВЕРКИ НОРМАЛЬНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ.



Данные теста указывают распределение отличное от нормального ( $p < 0,01$ )



# ПРЯМАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ МЕЖДУ МАТЕРИАЛОМ СТЕН И ДОЗОЙ, ОБУСЛОВЛЕННОЙ ВЛИЯНИЕМ РАДОНА В ВОЗДУХЕ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

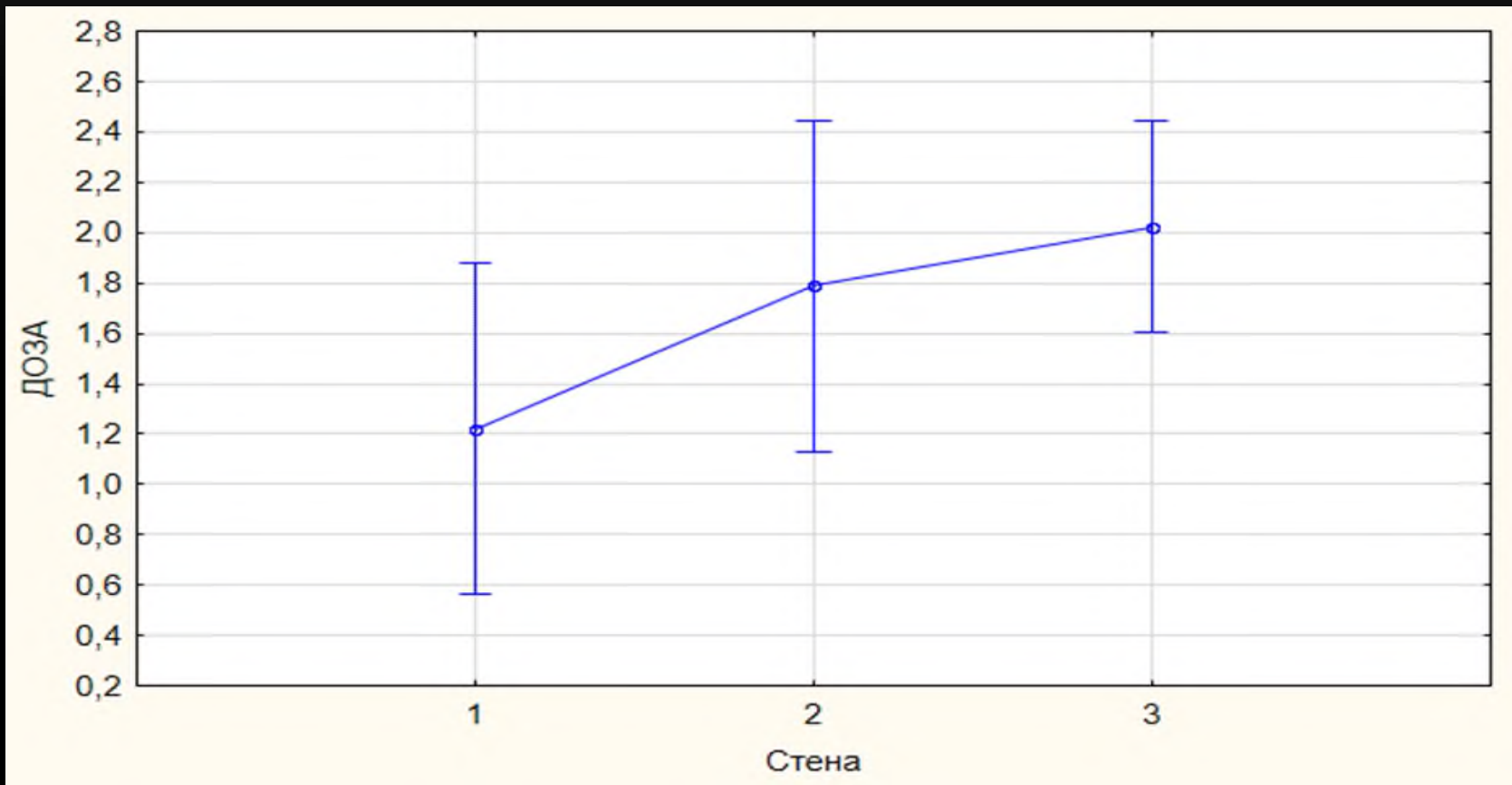


Рис. 2 – Влияние материала стен на дозу облучения, где 1 – бетон, 2 – дерево, 3 – кирпич.

## ПРЯМАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ МЕЖДУ МАТЕРИАЛОМ СТЕН И ДОЗОЙ, ОБУСЛОВЛЕННОЙ ВЛИЯНИЕМ РАДОНА В ВОЗДУХЕ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

- По графику видно довольно существенное отличие в меньшую сторону бетонных стен. И отсутствие разницы между деревянными и кирпичными стенами. Мы связываем данную тенденцию с типом жилых домов. Бетонные конструкции чаще применяются в многоэтажной плановой застройке, а дерево и силикат – в частной. Для более детального исследования требуются большие масштабы исследования всего Слуцкого района, которые запланированы на зиму 2020/2021 годов.

## ИЗМЕНЕНИЯ ДОЗЫ ОТ МАТЕРИАЛА ПОЛА

- Довольно неожиданным стал факт достоверного ( $p < 0,05$ ) отсутствия ( $r = 0,17$ ) существенной корреляции между дозой облучения радоном, содержащемся в воздухе жилых помещений, и материалом пола. Безусловно, при наличии деревянного пола в доме дозовая нагрузка несколько выше, но существенной её назвать нельзя (рис. 3)
-

# ИЗМЕНЕНИЯ ДОЗЫ ОТ МАТЕРИАЛА ПОЛА

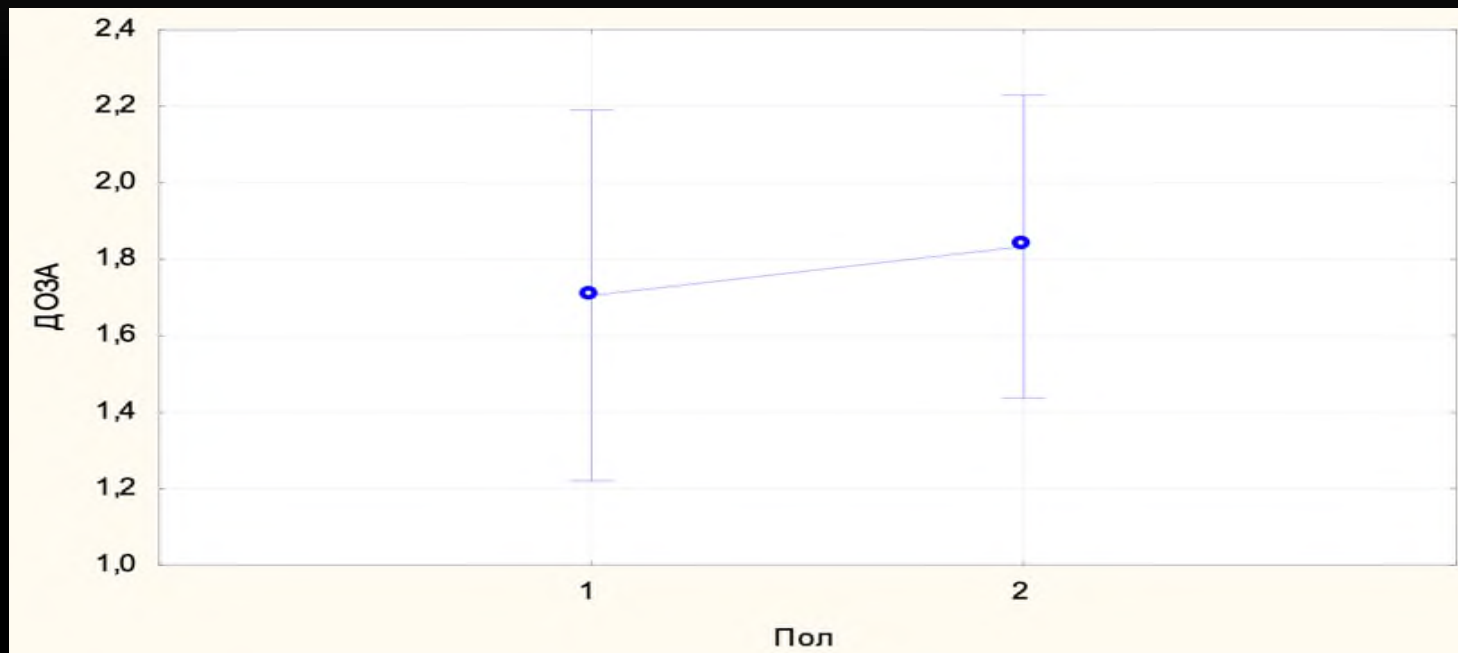


Рис. 3 – Влияние материала пола на дозу облучения, где 1 – бетон, 2 – дерево

## ИЗМЕНЕНИЯ ДОЗЫ ОТ ТИПА ОТОПЛЕНИЯ И ВОДОСНАБЖЕНИЯ

- Также не удалось найти достоверной корреляции ( $r = 0,2$ ) между типом водоснабжения и уровнем радона в воздухе жилых помещений. Зато была найдена слабая ( $r = 0,3$ ), но достоверная ( $p < 0,95$ ) коррелятивная связь между дозой за счет радона и типом отопления жилых домов. Как и ожидалось, при центральном отоплении жилых домов доза, обусловленная радоном несколько меньше, чем при местном отоплении (рис. 4).
-

# ИЗМЕНЕНИЯ ДОЗЫ ОТ ТИПА ОТОПЛЕНИЯ И ВОДОСНАБЖЕНИЯ

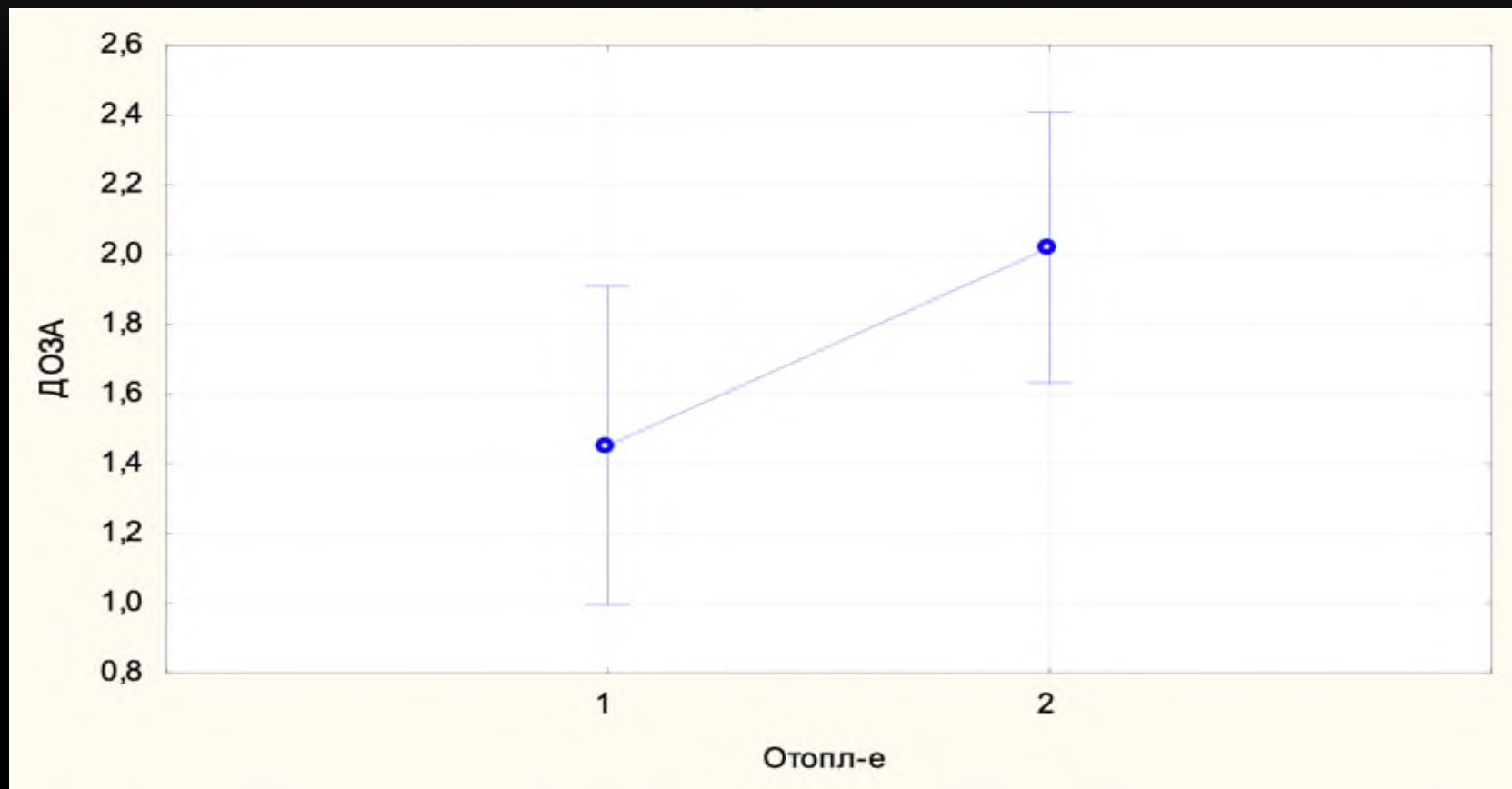


Рис. 4 – Влияние типа отопления на дозу облучения, где 1 – центральное отопление, 2 – местное отопление



## КАРТИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

- Финальным этапом анализа данных по уровням радона в воздухе жилых помещений и формируемым дозам стало картирование полученных результатов (рис. 5). На карте особенно отчетливо видна сильная неравномерность полученных результатов, а также необходимость проведения дальнейших исследований для уточнения данных.

# КАРТИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

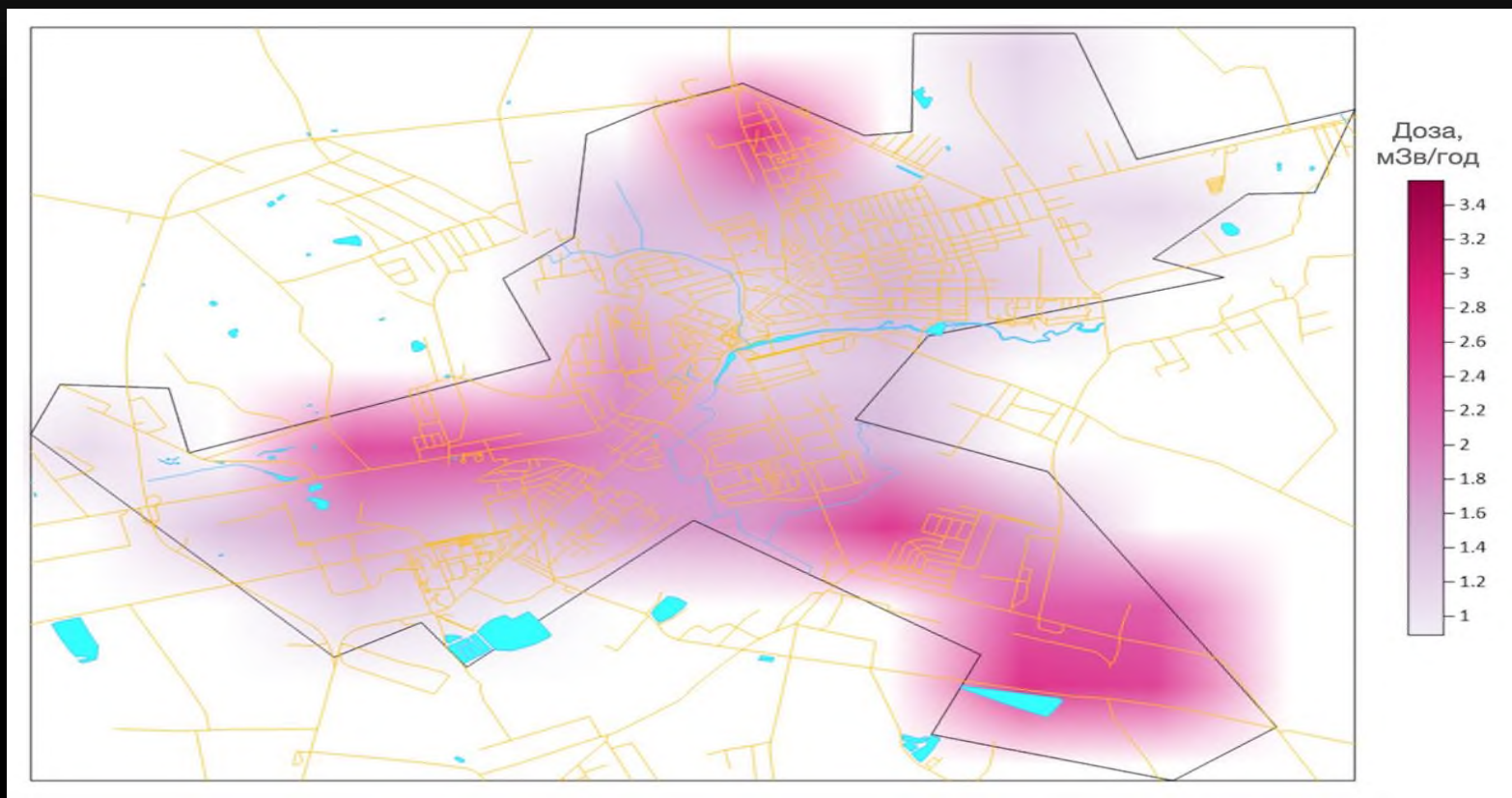


Рис. 5 – Карта дозовых нагрузок на население города Слуцка за счет воздействия радона, содержащегося в воздухе жилых помещений

# ВЫВОДЫ

- 1. В городе Слуцке, который можно принимать за модельный для Республики Беларусь, за счет радона в воздухе жилых помещений формируются дозы от 0,9 до 3,7 мЗв/год, что вносит существенный вклад в формирование средней годовой дозы на население.
- 2. На формирование дозы облучения за счет радона в воздухе жилых помещений оказывают достоверное влияние материал стен и тип отопления. При использовании деревянных и силикатных строительных материалов, а также децентрализованной системы отопления жилых домов выше дозовые нагрузки на население. Данные архитектурные решения в большей степени характерны для частной жилой застройки, на которую и будет направлен дальнейший фокус исследований