

УДК 616-056.22:613.648:546.296

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ РАДОНА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Нуртаева Г.К., Байдуллаева Г.Е., Абдрасилова В.О., Алмабаева Н.М., Алимкул И.О.

*КазНМУ им. С.Д. Асфендиярова, Алматы, e-mail: shaibala@mail.ru*

Исследования эквивалентной равновесной объемной активности радона в районе, проведенные с помощью прибора «Рамон-02» и интегральных детекторов СИСТЕМА RADOSYS RSV6, показали высокую степень радоноопасности в одноэтажных домах сельского типа. Это объясняется особенностями строительных материалов. Скорость проникновения исходящего из земли радона в помещения определяется толщиной и целостностью межэтажных перекрытий. Проникая через трещины и щели в фундаменте, полу и стенах, радон задерживается в помещениях. Жизненный риск составляет 1% для исследованных объектов, случаи рака легких в год на 10 млн. человек с обнаруженным значением индивидуальной годовой эффективной дозы внутреннего облучения может достичь 173.

**Ключевые слова:** ионизирующее излучение, радон, радиоактивность, детектор

## RESEARCH OF INFLUENCE IONIZING RADIATION OF RADON ON THE HUMAN ORGANISM

Nurtayeva G.K., Baidullayeva G.E., Abdrassilova V.O., Almabayeva N.M., Alimkul I.O.

*KazNMU named by Asfendiyarov, Almaty, e-mail: shaibala@mail.ru*

The researches of equivalent equilibrium volume activity of radon in the area conducted by means of the Ramon-02 device and the integrated detectors СИСТЕМА RADOSYS RSV6 showed high degree danger of radon in one-storey houses of rural type. It is explained by features of construction materials. Speed of penetration of the radon coming from the earth into rooms is defined by thickness and integrity of interfloor overlappings. Getting through cracks and cracks in the base, a floor and walls, radon is late in rooms. The vital risk makes 1% for the studied objects, lung cancer cases in a year on 10<sup>6</sup> people with the found value of an individual annual effective dose of internal radiation can reach 173.

**Keywords:** ionizing radiation, radon, radioactivity, detector

Интерес к радиологическому воздействию радона на население возник в начале 80-х годов прошлого столетия. Первые же исследования показали, что концентрация радона в воздухе жилых домов, особенно одноэтажных, часто превышает даже уровень предельно допустимых концентраций, установленных для работников урановых рудников, где служба безопасности традиционно борется за снижение накопления радиологически опасных концентраций радона. Согласно расчетам Британского бюро защиты от радиации, в Великобритании ежегодно погибают 2500 человек от рака легких, вызванного радиоактивным газом радоном. По данным Агентства окружающей среды, в США ежегодно около 20 тыс. онкологических заболеваний инициируется радоном и продуктами его распада [1].

**Целью исследования** является выявление медико-биологических последствий облучения радоном для жителей Жамбылского района Алматинской области и разработка обоснованных мер по радиационной защите для случаев превышения норматива по радону.

### Задачи исследования

1. Исследование радиологического воздействия радона на население.

2. Экспрессное измерение эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона, объемной активности (ОА) дочерних продуктов распада (ДПР) в воздухе помещений с помощью радиометра радона «РАМОН-02».

3. Интегральное измерение активности радона в воздухе жилых помещений с помощью диффузионных камер лабораторного комплекса СИСТЕМА RADOSYS RSV6.

4. Определение индивидуальных эффективных доз внутреннего облучения населения за счет изотопов радона и их короткоживущих дочерних продуктов в воздухе.

5. Выявление медико-биологических последствий облучения радоном и продуктами его распада.

**Методы исследования:** аналитический, социологический, статистический, спектрометрический, радиометрический, микроскопический.

### Радиологическое воздействие радона на население

Радиоактивность – это самопроизвольный распад ядер атомов неустойчивых химических элементов, который сопровождается ионизирующим излучением и из-

менением атомного заряда и массового числа исходных ядер.

Концентрация радона в воздухе жилых домов, особенно одноэтажных, часто превышает даже уровень предельно допустимых концентраций (ПДК), установленных для работников урановых рудников, где служба безопасности традиционно борется за снижение накопления радиологически опасных концентраций радона. Была установлена статистическая связь заболеваемости злокачественными опухолями, склерозом, ишемической болезнью сердца, изменением поведенческих реакций и детским церебральным параличом с геопатогенными зонами (разломами), по которым радон перемещается и с помощью которых выходит на поверхность [4].

При дыхании в легкие за одну минуту попадают миллионы радиоактивных атомов радона, они избирательно накапливаются в некоторых органах и тканях, особенно в гипофизе и коре надпочечников, этих двух важнейших железах внутренней секреции, определяющих гормональную активность организма и регулирующих деятельность вегетативной нервной системы, концентрируются также в сердце, печени и других жизненно важных органах. Растворяясь в крови и лимфе, радон и продукты его распада быстро разносятся по всему телу и приводят к внутреннему массивному облучению. Опасность радона помимо вызываемых им функциональных нарушений (астматические приступы удушья, мигрень, головокружение, тошнота, депрессивное состояние и т.д.) заключается еще и в том, что вследствие внутреннего облучения легочной ткани он способен вызвать рак самих легких. Кроме того, радон свободно растворяется в жирах и накапливается в мозге человека, что приводит к заболеванию раком крови [3].

#### Измерения ЭРОА ( $Rn^{222}$ ) в помещениях с помощью радиометра радона и его дочерних продуктов распада

В работе использовалась методика, разработанная на основании требований по обеспечению радиационной безопасности от природных источников ионизирующих излучений, установленных «Нормами радиационной безопасности-99» (НРБ-99) для измерения ЭРОА (эквивалентная равновесная объемная активность) радона ( $Rn^{222}$ ) в различных средах [6]. Данная методика позволяет выполнить измерения ЭРОА радона в различных средах с помощью прибора «Рамон-02», диапазон измерения ЭРОА радона в воздухе жилых и производственных помещений от  $10$  до  $1 \cdot 10^5$  Бк/м<sup>3</sup> приведены в табл. 1.

**Таблица 1**

Измерения ЭРОА радона с помощью прибора «Рамон-02»

№ п/п	Активность, Бк/м <sup>3</sup>				
	Rn (эсп)	RaA	RaB	RaC	Rn (расч)
1	72	125	66	41	62,76
2	60	120	56	31	53,28
3	62	119	76	32	63,87
4	160	190	145	118	139,61
5	110	160	101	71	95,9

Относительная погрешность систем измерения с применением радиометра «Рамон-02»  $\pm 30\%$ . Методика обеспечивает выполнение измерений ЭРОА радона ( $Rn^{222}$ ) в различных средах. Измерительным блоком, регистрирующим альфа-излучения, является альфа-радиометр, имеющий действующее свидетельство о проверке:

$$A_{Rn} = 0,105A_{RaA} + 0,516A_{RaB} + 0,38A_{RaC}.$$

#### Измерения объемной активности радона в воздухе жилых помещений с помощью интегральных детекторов SISTEMA RADOSYS RSV6

Измерения средней объемной активности (ОА) радона жилых помещений проводились с помощью интегральных детекторов в течении 3 месяцев на территории Жамбылского района Алматинской области.

В результате воздействия альфа-излучения на чувствительный материал трекового детектора в нем появляются так называемые латентные треки, плотность которых пропорциональна экспозиции. Обработка экспонированных трековых детекторов автоматизируется с помощью считывающих устройств на основе микроскопов [7].

Детектор размещают в специальном контейнере, в который диффундирует радон (иногда через специальную мембрану), а продукты его распада в контейнер не попадают. Результаты измерений концентрации радона в жилых помещениях приведены в табл. 2.

По экспериментальным результатам и из полученных данных были сделаны следующие выводы. ЭРОА радона имеет высокую степень радоноопасности в домах № 4 и № 5. Это объясняется, особенностями строительных материалов. Скорость проникновения исходящего из земли радона в помещения фактически определяется толщиной и целостностью (т.е. количеством трещин и микротрещин) межэтажных перекрытий. Проникая через трещины и щели в фундаменте, полу и стенах, радон задерживается в помещениях.

**Таблица 2**

Результаты измерений концентрации радона в жилых помещениях

№ п/п	Наименование помещения	Материал	Год постройки	Перекрытие и заполнение между полом и подстилающей почвой	ЭРОА Rn, (Бк/м <sup>3</sup> )	№ детектора
1	Дом № 1	Кирпичный	1965	земля	65,23	T-50000
2	Дом № 2	Кирпичный	2013	земля	54,06	T- 43172
3	Дом № 3	Саманный	1980	земля	53,29	T-43713
4	Дом № 4	Кирпичный	1951	земля	157,25	T-50232
5	Дом № 5	Кирпичный	1982	земля	101,52	T-50247

**Таблица 3**

Индивидуальные эффективные дозы внутреннего облучения

Наименование помещения	$\bar{A}_{\text{экв.дан.}}$ , Бк/м <sup>3</sup>	$\bar{A}_{\text{экв.ул.}}$ , Бк/м <sup>3</sup>	$E^{\text{вн.}, Rn}$ , мЗв /год
Дом № 1	65,23	6,5	4,24
Дом № 2	54,06	6,5	3,53
Дом № 3	53,29	6,5	3,48
Дом № 4	157,25	6,5	10,07
Дом № 5	101,52	6,5	6,54

**Таблица 4**

Ежегодная экспозиция человека, риск заболевания раком легких

Концентрация продуктов распада Rn в помещении Бк/м <sup>3</sup>	Доза/год на человека (мЗв) <sup>а</sup>	За время жизни человека доза/чел. (мЗв) <sup>б</sup>	Жизненный риск (%) <sup>в</sup>	Случаи рака легких в год на 10 <sup>6</sup> человек <sup>г</sup>
65,23	3,98	238,74	0,43	71,62
54,06	3,30	197,86	0,36	59,36
53,29	3,25	195,04	0,35	58,51
157,25	9,59	575,54	1,04	172,66
101,52	6,19	371,56	0,67	111,47

Примечания. <sup>а</sup>Используется UNSCEAR фактор дозовой конверсии 0,061 мЗв Бк год; <sup>б</sup>предполагается время жизни 60 лет; <sup>в</sup>временной фактор риска 6,6 \*10<sup>-5</sup> на Бк/м<sup>3</sup> экспозиции в продуктах распада; <sup>г</sup>основываясь на факторе риска для рака легких 18\*10<sup>-6</sup>мЗв [3].

Определение индивидуальных эффективных доз внутреннего облучения населения за счет изотопов радона и их короткоживущих дочерних продуктов в воздухе

Значение индивидуальной годовой эффективной дозы внутреннего облучения взрослых жителей населенного пункта (района и т.п.) за счет короткоживущих дочерних продуктов изотопов радона в воздухе рассчитывается по данным измерений ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений и атмосферном воздухе на территории населенного пункта (района и т.п.) по формуле:

$$E^{\text{вн.}, Rn} = 9,0 \cdot 10^{-6} \cdot 8800 \times \\ \times (0,2 \cdot \bar{A}_{\text{экв.ул.}} + 0,8 \cdot \bar{A}_{\text{экв.дан.}}) = 0,01584 \times \\ \times (\bar{A}_{\text{экв.ул.}} + 4 \cdot \bar{A}_{\text{экв.дан.}}), \text{ мЗв/год}$$

в которой приняты следующие обозначения:

9,0\*10<sup>-6</sup> – дозовый коэффициент [в единицах мЗв/(час\*Бк/м<sup>3</sup>)], принимаемый в соответствии с докладом НК ДАР ООН за 2000 г. [2].

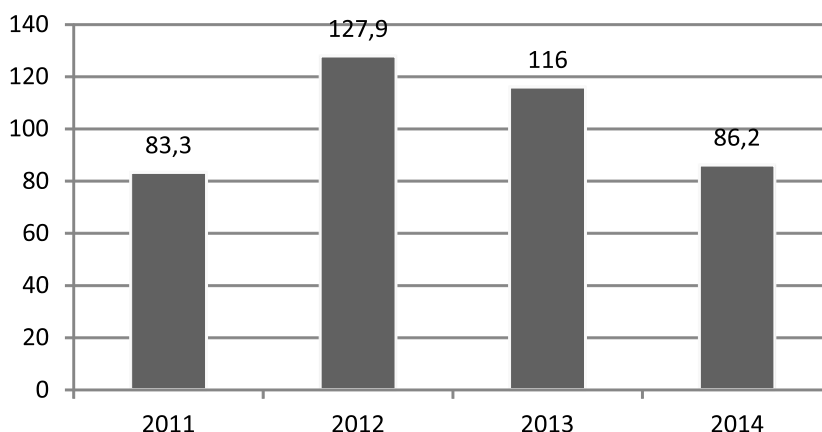
$A_{\text{экв.}, i}$  – среднее значение ЭРОА изотопов радона в воздухе на открытой территории населенного пункта (индекс «ул.») и жилых и общественных зданиях («здан.») соответственно.

8800 – стандартное число часов в году;

Значение  $E^{\text{вн.}, Rn}$ , полученное по формуле, характеризует эффективную дозу внутреннего облучения населения за счет ингаляции короткоживущих дочерних продуктов изотопов радона (табл. 3).

Для расчетов доз облучения населения принимали  $A_{\text{экв.ул.}} = 6,5$  Бк/м<sup>3</sup> в соответствии с данными [2] о среднемировых значениях ЭРОА изотопов радона в приземном слое атмосферного воздуха [8].

Медико-биологические последствия облучения радоном и продуктами его распада



*Количество раковых заболеваний на 100000 человек Жамбылского района*

Для расчета был использован конверсионный множитель  $0,061$  мЗв/год на Бк/м<sup>3</sup> продуктов распада радона [1]. Таким образом, один Бк/м<sup>3</sup> приводит к значению  $0,061$  мЗв ежегодного эффективного дозового эквивалента и оценка риска дает  $0,061$  мЗв/год  $\cdot 18 \cdot 10^{-6}$  / мЗв =  $1.1 \cdot 10^{-6}$  /год. С помощью табл. 4 можно увидеть дозы, получаемые за год и за время жизни человека.

На рисунке представлены официальные данные медицинской статистики на 100000 человек Жамбылского района.

### Выводы

Исследования ЭРОА радона в Жамбылском районе Алматинской области, проведенные с помощью прибора «Рамон-02» и интегральных детекторов СИСТЕМА RADOSYS RSV6, показали высокую степень радоноопасности в одноэтажных домах сельского типа. Это объясняется, особенностями строительных материалов. Скорость проникновения исходящего из земли радона в помещения фактически определяется толщиной и целостностью (т.е. количеством трещин и микротрещин) межэтажных перекрытий. Проникая через трещины и щели в фундаменте, полу и стенах, радон задерживается в помещениях.

Значение индивидуальной годовой эффективной дозы внутреннего облучения взрослых жителей населенного пункта (рай-

она и т.п.) за счет короткоживущих дочерних продуктов изотопов радона в воздухе достигает  $10$  мЗв/год, за время жизни человека  $575$  мЗв. Жизненный риск составляет  $1\%$  для исследованных объектов, случаи рака легких в год на  $10^6$  человек с обнаруженным значением индивидуальной годовой эффективной дозы внутреннего облучения может достичь  $173$ .

### Список литературы

1. Бекман И.Н. Радон: враг, врач и помощник: курс лекций. Лекция 5. Радоновый риск. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.avdspb.ru/Docs/radon.pdf>.
2. Выборочное обследование жилых зданий для оценки доз облучения населения. Методические рекомендации. – М.: Минздрав России. Утв. 29.08.00 № 11-2/206-09.
3. Жуковский М.В., Ярмошенко И.В. Радон: Измерение, дозы, оценка риска. – Екатеринбург: УрО РАН ИПЭ, 1997. – 231 с.
4. Новиков Г.Ф. Радиометрическая разведка. – Л.: Недра, 1989. – 404 с.
5. Уткин В.И. Газовое дыхание Земли // Соросовский Образовательный Журнал. – 1997. № 1. – С. 57–64.
6. Нормы Радиационной Безопасности-99. – М.: Энергоатомиздат, 1999. – 105 с.
7. Радон. Измерение объемной активности интегральным трековым методом в производственных, жилых и общественных помещениях. Методика выполнения измерений МВИ 2.6.1.003-99. – М., 1999. – 34 с.
8. Риск заболевания раком лёгких в связи с облучением дочерними продуктами распада радона внутри помещений: Публикация 50 МКРЗ: Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 112 с.