

ОЦЕНКА РАДОНОБЕЗОПАСНОСТИ ТИПОВЫХ СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛКОВ В  
САМАРКАНДСКОЙ И ДЖИЗАКСКОЙ ОБЛАСТЯХ УЗБЕКИСТАНА А.А.Сафаров,  
И.А.ЛНаронов, Т.Солиев, Д.Рахимов, С.Каршиев, Б.Нийёзов, А.Н.Сафаров, А.К.Мухамедов,  
Ш.Х.Хушмуродов, С.Йулдашев, Хакимов Д.  
*Самаркандский государственный университет*

**Аннотация.** В работе представлены результаты оценки радоноопасности типовых сельских поселков в Самаркандской и Джизакских областях Узбекистана. Измерения объемной активности радона в воздухе помещений и плотности потока радона с поверхности почвы проводились на сцинтилляционном гамма спектрометре методом пассивной сорбции радона на колонках с активированным углем. Полученные данные указывают на необходимость предварительного радиационного обследования территорий, отводимых под жилое строительство.

**Ключевые слова:** радон, активация, почва, гамма-спектрометр, геодезия, радиационная безопасность.

### Введение

Согласно оценке UNSCEAR [1] 50% дозы ионизирующего излучения от естественных источников радиации составляет радон. Следует отметить, что до 1980 года ни в одной стране не устанавливались нормативы на содержание радона в помещениях. Углубленные эпидемиологические исследования, проведенные в последние десятилетия, выявили относительно высокие значения доз, получаемых отдельными группами населения за счет дочерних продуктов распада (ДПР) радона, находящихся в воздухе жилых помещений.

В последних рекомендациях международных организаций контрольный уровень объемной активности радона (ОАР) в воздухе жилых помещений снижен с 600 до 300 Бк/м<sup>3</sup> [2- 4], что связано с получением новых научных данных о вкладе радона и его ДПР в дозовую нагрузку на население.

При распаде радона образуются его короткоживущие дочерние продукты (ДПР): RaA (<sup>218</sup>Po), RaB (<sup>214</sup>Pb) и RaC (<sup>214</sup>Bi) с периодом полураспада 3,1,26,8 и 19,7 минут, соответственно. Вдыхание ДПР приводит к облучению легочной ткани человека (в основном трахеобронхиальной части легких). Вклад же собственно радона в облучение невелик. При радиоактивном равновесии между ним и ДПР этот вклад не превышает 2%.

В этой связи в Узбекистане и других странах СНГ нормируется среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность (ЭРОА) ДПР радона. Величина ЭРОА радона, определяющая дозу облучения от ДПР, рассчитывается по формуле

$$\text{ЭРОА Rn} = A(\text{Rn}) \times F(\text{Rn}) = 0,104 A_{\text{Rm}} + 0,514 A_{\text{кав}} + 0,382 A_{\text{кас}},$$

где  $A(\text{Rn})$ ,  $A_{\text{RaA}}$ ,  $A_{\text{яв}}$  и  $A_{\text{яс}}$  - объемные активности радона и его дочерних продуктов <sup>218</sup>Po, <sup>214</sup>Pb и <sup>214</sup>Bi, соответственно;

$F(\text{Rn})$  - коэффициент, характеризующий сдвиг радиоактивного равновесия между радонем и его ДПР в воздухе (при отсутствии экспериментальных данных рекомендуемое среднее значение  $F(\text{Rn}) = 0,5$  [5]).

Согласно санитарным нормам и правилам СанПиН №0193-06 при проектировании новых зданий жилищного и общественного назначения ЭРОА ДПР радона в воздухе

жилых помещений не должна превышать 200 Бк/м<sup>3</sup>, а в эксплуатируемых зданиях 400 Бк/м<sup>3</sup> [6].

При выборе участков территорий под строительство жилых домов и зданий социально- бытового назначения гамма-фон не должен превышать 0,3 мЗв/час, а плотность потока радона (<sup>222</sup>Rn) с поверхности грунта 80 мБк/(м<sup>2</sup>Чс).

Исследованию радона в Узбекистане посвящено ограниченное количество научных работ, имеющих свою специфику [7-10]. Наиболее полно информация о проводившихся в Узбекистане исследованиях в этой области представлена в монографии А.Васидова [11].

Несмотря на наличие в Узбекистане законодательных и ведомственных нормативных документов, регламентирующих содержание радона в жилых помещениях, внедрение систематического мониторинга радона в Республике до сих пор не осуществлено.

Целью настоящей работы являлась исследование объемной активности радона ОАР в воздухе жилых помещений и ППР с поверхности почвы в типовых сельских поселках Самаркандской и Джизакской областей Узбекистана.

### **Материалы и методы**

Пробоотбор и пробоподготовка.

Отбор проб радона на содержание ОАР в помещениях и измерение ППР с поверхности почвы осуществлялись в 3 типовых сельских поселках Самаркандской и 2-х поселках Джизакской области. Помимо этого был произведен отбор проб грунта для определения радионуклидного состава, а также проведены измерения мощности дозы (МЭД) гамма излучения. В процессе пробоотбора фиксировались GPS координаты точек отбора проб и метеопараметры (температура, влажность и давление).

Отбор проб радона осуществлялся комплектом сорбционных колонок с активированным углем марки СКТ-3, используемых в режиме "пассивного" пробоотбора (методом диффузионной адсорбции). С целью исключения влияния остаточного радона и влияние влаги на погрешность определения эквивалентного объема воздуха, прошедшего через сорбционную колонку, последние перед экспозицией предварительно дегазировались в сушильном шкафу в течении 2-4 часов и взвешивались с точностью 0,01 г.

Для измерения ОАР сорбционные колонки устанавливались в комнатах на расстоянии не менее 1 метра от пола, стен и потолка. Экспонирование колонок проводилось в течении 3 суток при закрытых дверях и окнах в 4 помещениях на территории каждого поселка.

Для измерения ППР с поверхности почвы стойки с сорбционными колонками устанавливались на подготовленную поверхность (площадка 40x40 см. с удаленным растительным покровом на глубину 5-10 см.) и накрывались пробоотборной камерой объемом 3,3 литра. В солнечную погоду для предотвращения нагрева камеры накрывались белым нетканым материалом. Время экспонирования составляло 3 часа в 8-12 точках на территории каждого поселка.

Отбор проб грунта производился с помощью бура в 2 точках на территории каждого поселка послойно на глубину 0-25, 25-50, 50-75, 75-100 см. Пробы грунта измельчались, высушивались в течении 3 часов в сушильном шкафу, просеивались через сито с отверстиями 1 мм. и упаковывались в 1-литровые сосуды Маринелли.

Оборудование, калибровка, измерение и обработка данных.

Измерение МЭД внешнего гамма-излучения было проведено с помощью поискового радиометра СРП-68-01 аттестованного агентством "Узстандарт". МЭД измерялась в 12-16 точках на территории каждого поселка. В каждой контрольной точке делалось измерение на высоте 0,1 м и 1 м над поверхностью земли. В помещениях измерения делались на таких же высотах относительно уровня пола помещения.

Радионуклидный состав грунтов, ОАР и ППР измерялись на сцинтилляционном NaI(Tl) гамма спектрометре с размером кристалла 11180x80 мм. и энергетическим разрешением 8,5% на линии 662 кэВ.

Калибровка по энергии спектрометра проводилась сертифицированными точечными источниками радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{232}\text{Th}$ . При измерении радионуклидного состава почв для калибровки спектрометра по эффективности использовались сертифицированные объемные (геометрия 1-литровых сосудов Маринелли) эталонные источники радионуклидов  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  и  $\text{Cs}$  с инертными наполнителями плотностью 200, 900 и 1700 г/л (сертификат 610/09, 2009 ВНИИМ им. Менделеева, Санкт-Петербург). Активность эталонов составляла 1,75-6,2 кБк/кг с погрешностью установления активности 5% на уровне достоверности 0,95. При измерении ОАР и ППР калибровка по эффективности осуществлялась объемным источником  $^{226}\text{Ra}$  осажденным на активированном угле марки СКТ-3 размерами 11160x25 (соответствует геометрии сорбционных колонок), активностью 680 Бк с погрешностью установления активности 7%.

Измерение радионуклидного состава почв, ОАР и ППР проводились по аттестованным методикам научно-технического центра (НТЦ) РАДЭК (Санкт-Петербург, Россия):

"МВИ удельной активности природных радионуклидов, цезия-137, стронция-90 в пробах объектов окружающей среды и продукции промышленных предприятий с применением спектрометра-радиометра гамма и бета-излучений МКГБ-01 РАДЭК и гамма-спектрометра МКСП-01 РАДЭК" (аттестат 126/210-(01.00250-2008)-2011 от 03.05.2011 ВНИИМ им. Менделеева, Санкт-Петербург);

"МВИ объемной активности радона-222 в помещениях различного назначения" (аттестат 771/07 от 02.07.2007 ВНИИМ им. Менделеева, Санкт-Петербург);

"МВИ измерений плотности потока радона с поверхности почв, грунтов и материалов с применением пассивных сорбционных детекторов радона (ДРСП) на основе активированного угля и сцинтилляционного гамма спектрометра" (аттестат 225/09 от 10.03.2009 ВНИИМ им. Менделеева, Санкт-Петербург);

Набор и обработка спектров проводилась с помощью программного обеспечения ASW НТЦ РАДЭК. Ошибки измерений вычислялись в соответствии с ГОСТ-R-8.736-2011, 2013 и ISO 5725 (1994) на уровне достоверности 0,95. Они включают в себя статистические и систематические ошибки, при этом последние в основном определяются точностью аттестации эталонов и измерением массы образцов.

### Результаты измерений

Измерение МЭД внешнего гамма-излучения выполнено в 43 контрольных точках в Самаркандской области и 28 точках в Джизакской области (в разбивке по объектам указано в таблице 1). При этом измерения МЭД проводились в каждой точке, где измерялись ППР, ОАР и удельная активность радионуклидов.

**Таблица 1.**

Граничные значения мощности дозы внешнего гамма-излучения.

| Объект                                                                    | Кол-во точек | Значение МЭД (мкЗв/час) |       |        |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------------|-------|--------|
|                                                                           |              | мин.                    | макс. | средн. |
| Самаркандская область, Ургутский район, поселок Мерганча                  | 15           | 0,13                    | 0,21  | 0,155  |
| Ақдарьинский район Самаркандской области, махалля Пулатдорхон             | 14           | 0,13                    | 0,19  | 0,153  |
| Самаркандская область, Пастдаргомский район, Димишкибола, махалля Камолот | 14           | 0,11                    | 0,17  | 0,141  |
| Джизакская область, Джизакский район, махалля Учтепа                      | 16           | 0,12                    | 0,17  | 0,125  |

Измерения удельных активностей радионуклидов проводилось в пробах грунта отобранных с двух точек на территории каждого из поселков. Практически на всех объектах грунт представляет собой сухой лессовидный суглинок, часто с примесями

песка, гравия и мелких обломков кирпича, оставшимися от строительных работ. В табл. 2 приведены данные для точек с наибольшим значением удельной эффективной активности ЕРН.

**Таблица 2.**

Удельные активности естественных и техногенных радионуклидов в почве.

| Глубина отбора проб почвы (см)                           | Удельная активность ЕРН, Бк/кг                          |            |            | Удельная эффективная активность | Удельная активность ТРИ, Бк/кг |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------|------------|---------------------------------|--------------------------------|
|                                                          | Ra-226                                                  | Th-232     | K-40       | Аэфф, Бк/кг                     | Cs-137                         |
| Самаркандская область, Ургутский район, поселок Мерганча |                                                         |            |            |                                 |                                |
| 0-25                                                     | 24,2 ± 2,4                                              | 36,1 ± 3,6 | 549,2 ± 55 | 120,0 ± 7,2                     | 8,1 ± 0,8                      |
| 25-50                                                    | 20,9 ± 2,3                                              | 35,5 ± 3,6 | 534,9 ± 53 | 115,0 ± 7,1                     | 10,9 ± 1,1                     |
| 50-75                                                    | 24,9 ± 4,4                                              | 31,9 ± 3,2 | 519,7 ± 49 | 113,0 ± 7,5                     | 7,7 ± 1,3                      |
| 75 - 100                                                 | 23,5 ± 4,1                                              | 31,2 ± 3,3 | 495,9 ± 48 | 109,0 ± 7,3                     | 6,8 ± 1,5                      |
| Ак                                                       | дарьинский район Самаркандской области, махалля Пулатдо |            |            |                                 | рхон                           |
| 0-25                                                     | 35,9 ± 3,5                                              | 39,1 ± 3,9 | 592,4 ± 59 | 140,0 ± 8,1                     | 9,6 ± 0,9                      |
| 25-50                                                    | 27,0 ± 2,6                                              | 39,0 ± 3,9 | 585,9 ± 59 | 131,0 ± 7,8                     | 13,2 ± 1,3                     |

| Глубина отбора проб почвы (см)                                            | Удельная активность ЕРН, Бк/кг |            |              | Удельная эффективная активность | Удельная активность ТРИ, Бк/кг |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------|--------------|---------------------------------|--------------------------------|
|                                                                           | Ra-226                         | Th-232     | K-40         | Аэфф, Бк/кг                     | Cs-137                         |
| 50-75                                                                     | 26,3 ± 3,5                     | 35,2 ± 3,4 | 490,4 ± 49   | 116,0 ± 7,1                     | 10,4 ± 1,4                     |
| 75 -100                                                                   | 30,2 ± 3,9                     | 44,1 ± 4,2 | 457,8 ± 46   | 129,0 ± 7,8                     | 6,9 ± 1,2                      |
| Самаркандская область, Пастдаргомский район, Димишкибола, махалля Камолот |                                |            |              |                                 |                                |
| 0-25                                                                      | 26,6 ± 2,8                     | 41,5 ± 4,0 | 679,4 ± 67   | 141,0 ± 8,8                     | 7,9 ± 1,3                      |
| 25-50                                                                     | 24,9 ± 2,8                     | 41,8 ± 4,8 | 904,3 ± 90   | 161,0 ± 10,2                    | 9,5 ± 1,1                      |
| 50-75                                                                     | 27,1 ± 4,8                     | 40,6 ± 4,0 | 904,1 ± 90   | 161,0 ± 10,8                    | 6,9 ± 1,4                      |
| 75 -100                                                                   | 26,6 ± 5,3                     | 35,3 ± 3,9 | 982,4 ± 98   | 161,0 ± 11,5                    | <2,5                           |
| Джизакская область, Джизакский район, махалля Учтепа                      |                                |            |              |                                 |                                |
| 0-25                                                                      | 26,4 ± 4,6                     | 40,7 ± 4,0 | 581,0 ± 55,0 | 132,0 ± 8,6                     | 10,3 ± 1,8                     |
| 25-50                                                                     | 26,1 ± 4,6                     | 37,5 ± 3,7 | 540,4 ± 51,0 | 123,0 ± 8,1                     | 8,1 ± 1,4                      |
| 50-75                                                                     | 24,3 ± 5,1                     | 32,9 ± 3,6 | 474,3 ± 47,0 | 110,0 ± 8,1                     | 9,2 ± 1,9                      |
| 75 - 100                                                                  | 27,8 ± 4,7                     | 37,4 ± 3,7 | 543,2 ± 51,0 | 125,0 ± 8,2                     | 6,2 ± 1,3                      |
| Джизакская область, Галляаральский район, махалля Сарбазар                |                                |            |              |                                 |                                |
| 0-25                                                                      | 34,4 ± 4,8                     | 43,4 ± 4,2 | 513,2 ± 48   | 137,0 ± 8,5                     | <2,3                           |
| 25-50                                                                     | 33,6 ± 5,3                     | 43,6 ± 4,3 | 505,4 ± 48   | 136,0 ± 8,9                     | <2,3                           |
| 50-75                                                                     | 35,0 ± 5,6                     | 37,3 ± 4,1 | 500,9 ± 50   | 129,0 ± 9,0                     | <2,3                           |
| 75 -100                                                                   | 29,5 ± 4,3                     | 37,9 ± 3,7 | 463,6 ± 44   | 120,0 ± 7,6                     | <2,6                           |

Исследование ППР с поверхности почвы проводилось с помощью сорбционных колонок, которые экспонировались в течение 3 часов в 56 контрольных точках на территории поселков. Измерения на спектрометре проводились не ранее 3,5 часов после

окончания экспонирования для установления радиоактивного равновесия между радоном и его ДПР.

В табл.3 приведены граничные значения (минимальные и максимальные) плотности потока радона для каждого поселка.

**Таблица 3.**

Граничные значения значения плотности потока радона  $\Phi_{\text{п}}$  с поверхности грунта.

| Объект                                                                    | Кол-во точек | $\Phi_{\text{п}}^{\wedge} \text{ДФкл, мБк}/(\text{м}^2\text{Чс})$ |                 |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------|
|                                                                           |              | мин                                                               | макс            |
| Самаркандская область, Ургутский район, поселок Мерганча.                 | 12           | $31,9 \pm 14,0$                                                   | $76,6 \pm 11,0$ |
| Самаркандская область, Акдарьинский район, махалля Пулатдорхон.           | 12           | $12,1 \pm 3,3$                                                    | $86,9 \pm 11,0$ |
| Самаркандская область, Пастдаргомский район, Димишкибола, махалля Камолот | 10           | $11,3 \pm 2,3$                                                    | $48,5 \pm 07,4$ |
| Джизакская область, Джизакский район, махалля Учтепа                      | 12           | $16,3 \pm 6,0$                                                    | $42,3 \pm 05,2$ |
| Джизакская область, Галляаральский район, махалля Сарбазар                | 8            | $20,8 \pm 8,8$                                                    | $70,7 \pm 07,0$ |

Для определения значений объёмной активности радона на территории каждого поселка было выбрано по 2 дома. В каждом доме в 2 комнатах устанавливалось по 2 сорбционной колонки, которые после экспонирования в течение 72 часов и выдержки 3,5 часа измерялись на спектрометре.

В табл. 4 приведены граничные значения (минимальные и максимальные) эффективной равновесной о&ьёмной активности ДПР радона для каждого поселка.

Мощность дозы гамма-излучения на территории поселков и внутри домов ниже предела 0,3 мкЗв/час, установленного национальными СанПиН № 0193-06 [6].

Только в одной контрольной точке поселка Пулатдархон Акдарьинского района Самаркандской области отмечено превышение предельного значения ППР ( $80 \text{ мБк}/(\text{м}^2\text{Чс})$ ),

равное  $86,9 \pm 11,0 \text{ мБк}/(\text{м}^2\text{Чс})$ . Следует заметить, что мощность дозы гамма-излучения в этой точке 0,17 мкЗв/час, удельная эффективная активность естественных радионуклидов в грунте равна  $140,0 \pm 8,1 \text{ Бк}/\text{кг}$ , а удельная активность техногенного

Граничные значения эквивалентной равновесной объёмной активности ДПР радона в воздухе внутри помещений.

**Таблица 4.**

| Объект                                                                                                                                                  | ЭРОА ( $\text{Бк}/\text{м}^3$ ) |                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------|
|                                                                                                                                                         | мин.                            | макс.            |
| Самаркандская область, Ургутский район, поселок Мерганча                                                                                                | $< 18$                          | $123,3 \pm 12,5$ |
| Самаркандская область, Акдарьинский район, махалля Пулатдорхон                                                                                          | $56,3 \pm 8,0$                  | $282,2 \pm 38,0$ |
| Самаркандская область, Пастдаргомский район, Димишкибола, махалля Камолот                                                                               | $17,8 \pm 3,2$                  | $32,9 \pm 04,2$  |
| Джизакская область, Джизакский район, махалля Учтепа                                                                                                    | $30,9 \pm 6,0$                  | $104,9 \pm 13,0$ |
| Джизакская область, Галляаральский район, махалля Сарбазар                                                                                              | $41,5 \pm 9,0$                  | $97,2 \pm 15,5$  |
| *) для вычисления ЭРОА коэффициент к ОАР, характеризующий сдвиг радиоактивного равновесия между радоном и его ДПР в воздухе, был принят равным 0,5 [5]. |                                 |                  |

радионуклида цезия-137 -  $13,2 \pm 1,3$  Бк/кг.

Наибольшее полученное значение ЭРОА  $282,2 \pm 38,0$  Бк/м<sup>3</sup> также обнаружено в одной контрольной точке поселка Пулатдорхон Акдарьинского района Самаркандской области. При этом измеренное в данном помещении значение мощности дозы гамма-излучения равно 0,19 мкЗв/час.

#### **Заключение**

Анализ результатов проведенных исследований показал, что показатели радиационной обстановки на территории обследованных сельских поселков в целом не превышают установленных международных и национальных нормативов.

Наблюдаемые вариации плотности потока радона с поверхности почвы определяются геофизическими и гидрологическими факторами, так как измерения проводились при сопоставимых параметрах окружающей среды, а корреляция вариаций 1111F с МЭД гамма излучения и радионуклидным составом почв слабо выражена.

Измеренные значения ЭРОА в воздухе внутри помещений в исследованных поселках соответствует нормам радиационной безопасности для жилых помещений в эксплуатируемых зданий (400 Бк/м<sup>3</sup>).

Тем не менее, полученные результаты по ППР с поверхности почвы и ОАР в воздухе помещений, а также весьма жесткий норматив по ЭРОА для вновь строящегося жилья (200Бк/м<sup>3</sup>) указывают на необходимость предварительного радиационного обследования территорий отводимых под жилое строительство.

#### **Литература**

1. UNSCEAR (2000) Sources, effects and risks of ionizing radiation. UNSCEAR 2000 report to the General Assembly. New York, NY, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation.
2. ICRP (2009) International Commission on Radiological Protection Statement on Radon. Ref 00/902/09.
3. UNSCEAR, 2009. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). UNSCEAR 2006 Report. Annex E. Sources-to-Effects Assessment for Radon in Homes and Workplaces. New York: United Nations, 2009.
4. WHO, 2009. World Health Organisation (WHO). WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective. WHO Press, Geneva, 2009.
5. МУ 2.6.1.715-98. Методические указания. Проведение радиационно-гигиенического обследования жилых и общественных зданий. С.-Петербург: "ЛЮБАВИЧ", 1998.29 с.
6. Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы Республики Узбекистан, СанПиН № 0193-06 "Нормы радиационной безопасности (НРБ-2006) и основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСГЮРБ-2006)". Республика Узбекистан, Ташкент. 2006 г.
7. Уломов В.И., Мавашев Б.З. О предвестнике сильного тектонического землетрясения // ДАН СССР, 1967, т. 176, №2, с. 35-37.
8. Яфасов А.Я., Акимов В.А. Геотектонический аспект вариации радоновых полей // Доклады АН РУз, 2001, №11, с. 39-42
9. Мирахмедова Н.М. Исследование влияния геофизических факторов на формирование радоновых полей на территории Узбекистана. Дисс. к.ф.-м.н., Ташкент. Институт сейсмологии АН РУз., 2004, 130с.
- Ю.Бобонаров Н.С., Голыптейн Р.И., Макаров П.В. Проблемы радоноопасности городов, расположенных в предгорных районах Узбекистана // АНРИ, 1996/97, №3/9, с. 92-96.
- П.Васидов А. Радон ва уни аниклаш усули. // Монография, Изд. "Узбекистан", 2015, 197 страниц.