



НАЦИОНАЛНА ПРОГРАМА ЗА НАМАЛЯВАНЕ ВЪЗДЕЙСТВИЕТО НА
КОНЦЕНТРАЦИЯТА НА РАДОН ВЪРХУ ЗДРАВЕТО НА БЪЛГАРСКОТО
НАСЕЛЕНИЕ

ПРОЦЕДУРА за Национално проучване

**НА КОРЕКЦИОННИ ФАКТОРИ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА СРЕДНАТА
ГОДИШНА КОНЦЕНТРАЦИЯ НА РАДОН В ЖИЛИЩА В
РЕЗУЛТАТ ОТ СЕЗОННИ ВАРИАЦИИ**

СОФИЯ

2016 г.

СЪДЪРЖАНИЕ

1. ВЪВЕДЕНИЕ	3
1.1. Природна среда на България	3
2. ЦЕЛ	6
3. ОБХВАТ	6
4. ОБОРУДВАНЕ	6
5. МЕТОДОЛОГИЯ	7
5.1. Райони в страната за целите на определяне на корекционните фактори	7
5.2. Модел и обем на извадка на изследваните жилища	9
5.3. Метод за определяне на корекционните фактори	10
5.4. График за провеждане на проучването	11
6. ОСИГУРЯВАНЕ НА КАЧЕСТВОТО	13
6.1. Оценка на прецизността на измерванията	13
6.2. Оценка на точността на измерванията	14
ЛИТЕРАТУРА	14
ПРИЛОЖЕНИЯ	16

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Концентрацията на радон в сгради може да варира значително в резултат на голям брой фактори, които включват: геология на района, пропускливост на почвата, конструкция на сградата и начина на живот. Един от основните фактори, влияещи на концентрацията на радон в сгради е климата и метеорологичните условия на района [1]. Нивата на радон са по-високи през нощта, отколкото през деня, като следствие на намалена активност в сградата, и като цяло са по-високи през зимата, в сравнение с лятото. Температурната разлика между сградата и извън нея (на открито) в съчетание с ефекта на вятъра са причина за по-ниското налягане в сградата. Това води до движение на почвения газ от почвата към сградата, а с него и увеличаване на концентрацията на радон в помещенията [2]. През отоплителният период тази разлика е по-голяма, съответно потока от земята към сградата е по-голям. Наред с това промяната на начина на живот през студения сезон може да доведе до значителни отклонения в концентрациите на радон в сградите. Сезонната вариация на концентрация на радон е причина за въвеждането на така наречените *фактори за корекция*, които могат да се прилагат за оценка на концентрацията на радон на средната годишна стойност, за измервания с продължителност по-малко от една година [3, 4, 5]. Сезонните фактори за корекцията подобряват точността на резултата при прогнозиране на дългосрочния риск от облъчването на населението от радон. Препоръчва се използването им при измерване на концентрацията на радон за 3 месеца, но при по-малък период тези фактори не следва да се прилагат за оценката на средните концентрации на радон [6]. Сезонните колебания на концентрациите на радон в жилищата са били наблюдавани в различни региони на света. Този ефект, обаче, е трудно да се обобщи, тъй като не съвпада с обща схема, а зависи от редица параметри, сред които вида на почвата, климата и от поведението на живущите [7]. Следователно тези фактори са специфични не само за отделна страна, но и за отделни райони [6, 8] и следва да бъдат определени чрез измервания на концентрацията на радон в района.

1.1. *Природна среда на България*

В пространствено отношение България се намира в Югоизточна Европа и в североизточната част на Балканския полуостров. Тя е европейска, балканска, черноморска и дунавска страна. България е разположена в северното полукълбо. Релефът на България е предимно равнинно-хълмист, с равнини в северната и югоизточната част на страната и сравнително малка средна надморска височина (470 m), с голямо вертикално разчленение и наличие на пет височинни пояса (низинен, равнинно-хълмист, нископланински, среднопланински и високопланински), със западно-източно простиране на едрите форми на релефа. От север на юг, страната се разделя на четири геоморфоложки области: Дунавска равнина, Стара планина, Тракийска низина и Рило-Родопски масив. Климатът в България е умерен с четири характерни сезона и се променя с надморската височина и района. Климатът в Северна България е умерено континентален, докато в Южна България той е преходно

континентален до средиземноморски. В зависимост от териториалното проявление на климатичните елементи и влиянието на климатичните фактори страната ни се разделя на пет климатични области (Фигура 1).



Фигура 1. Климатични области в България (www.kartibg.wordpress.com)

Умерено-континентална климатична област. Обхваща крайдунавските низини, хълмистите райони до Стара планина, най-източните части на Стара планина, Ихтиманското Средногорие и високите котловини на Краище. Тази климатична област има най-добре изразени континентални характеристики на климата, като континенталността намалява от север на юг. Средните януарски температури са -2° до -3° , а средните юлски температури от 25° до 26°C . В тази област са отбелязани най-ниските зимни температури в България $-38,3^{\circ}$ в Трън /, както и много високи летни температури 45°C в Бойчиновци. Валежите са неравномерно разпределени през годината. Годишната сума на валежите е от 500-600 мм в Дунавската равнина и достига до 800 мм в Предбалкана и котловинните полета. Ясно изразена е тенденцията на нарастване в посока юг и във височина. Характеризират се със максимум през лятото /средномесечен максимум през юни/ и минимум /средномесечен минимум през февруари / през зимата.

Преходно-континентална климатична област. Обхваща Горнотракийската низина, северната половина на Тунджанската област, източната половина на Задбалканските котловини, Благоевградската котловина. Преходният характер на климата се проявява в по-високите зимни температури /средна януарска температура от -1° до $-0,8^{\circ}\text{C}$ /. Януарските температури се характеризират с известна неустойчивост. Възможно е да се повишат до 20°C , а така също и да спаднат до -25° дори -30°C . Годишната валежна сума е 550-600 мм, а в района на Горнотракийската низина тя е под 500 мм. Вътрешно годишното разпределение на валежите се характеризира с два валежни максимума

/летен и есенно-зимен/ и два минимума /февруари и август/. Снежната покривка е неустойчива, като почти не се осъществява постоянно и непрекъснато снегонатрупване. Преобладават западните и северозападните ветрове, а през пролетта и лятото в източните части на Горнотракийската низина се проявяват източните и североизточните ветрове.

Преходно-средиземноморската климатична област. Обхваща долините на реките Струма /на юг от Кресненския пролом/ и Места /на юг от пролома Момина клисура/, Арда, Източни Родопи и Странджанското черноморско крайбрежие. Климатът се формира под въздействието на трансформирани тропични въздушни маси и такива на умерените ширини. Средната януарска температура е положителна от 1° до 2°C, а средната юлска температура е 24° – 25°C. Режимът на валежите /с есенно-зимен максимум и летен минимум/ е характерен за средиземноморския тип климат. Периодът на засушаване не е така продължителен и максимумите и минимумите на валежите са относително по-слабо изразени. Годишните валежни суми са между 500-600 мм, а в южната планинска част достигат до 700-1000 мм. Снежната покривка е много непостоянна, задържа се 1-2 дни, като по долините на Струма и Места тя се образува веднъж на няколко години.

Черноморска климатична област. Обхваща меридионална ивица с ширина 20-40 км. на запад от брега на Черно море. Климатът тук се формира освен под влиянието на атмосферната циркулация, характерна за тази част на Балканския полуостров и под влиянието на Черноморския басейн. В областта, както и при преходно-континенталната област се преплитат две климатични влияния - на континента Европа /от северозапад и североизток/ и средиземноморско от югозапад. Континенталното климатично влияние е по-силно изразено в северната половина, средиземноморското - в южната половина. Черно море от своя страна допълнително трансформира нахлуващите над него въздушни маси и формира специфичен климат. Той не може да бъде отнесен нито към преходно-средиземноморския, нито към преходно-континенталния климат. Специфичният черноморски климат е по-мек въпреки липсата на планински прегради. Средната януарска температура е положителна 0,8°C /за северното крайбрежие/ и 3,2°C /по Южното Черноморие/. Областта се характеризира със слаби валежи. Така например в Добруджа те не достигат 500 мм, но в южната част нарастват на 900 мм. В зависимост от термичните условия снежната покривка в северната част се задържа около 2-4 седмици, а в южната 4-5 денонощия. През лятото преобладава бризовата циркулация, която са заражда благодарение на откритата водна площ и денонощните колебания на температурата. През зимата преобладаващи са северните и североизточните ветрове. Понякога тяхната скорост надхвърля 30 м/с.

Планинска климатична област. Обхваща районите с надморска височина над 1000 м. Характеризира се с по-ниски температури, малка температурна амплитуда, голяма облачност и валежи, продължителна и устойчива снежна покривка, ниско атмосферно налягане, висока относителна влажност, силни ветрове. Средните януарски температури на височина 1200 – 1300 м са от -3,5° до -4,5°C, а на височина 1180-1900 м

са от -6° до -7°C . В най-високите части на планините средните януарски температури достигат до -10°C . Средната годишна сума на валежите е 800-1000 мм, като в северните планински райони е най-голяма през пролетта, а в южните - през зимата. Периодът със снежна покривка обхваща от 5 до 9 месеца. По билата на планините духат много силни ветрове - скоростта им достига до 30 м/с. Въз основа на измененията на климатичните елементи различаваме нископланински климат /до 1000м/, среднопланински /до 1800 м/ и високопланински /над 1800м/.

2. ЦЕЛ

Целта на настоящото национално проучване е определяне на *корекционните фактори* за оценка на средните годишни концентрации на радон в сгради, въз основа на измервания на концентрацията на радон в продължение на цяла година, като детекторите се сменят през 3-месечен период. Тримесечният период включва четирите сезонни времена (пролет, лято, есен, зима) в България. Проучването обхваща измервания в цялата страна по райони, в зависимост от климата и геологията. На база на получените резултати ще бъдат разработени ръководства, за използване на корекционните фактори, отразяващи националните особености, които ще подпомогнат вземането на решения, съдействащи за реализирането на национална стратегия за намаляване на въздействието на радон в сгради върху здравето на българското население. Определянето на специфичните корекционни фактори ще допринесе за по-ефективно, точно и рентабилно изготвяне на радонова карта на България.

3. ОБХВАТ

Процедурата описва метода на измерване, методология на проучването, включваща разделянето на страната на райони за определяне на корекционните фактори въз основа на климата и геологията, размер на извадката, метод на оценка на корекционните фактори, разпределение на детекторите и етапите на провеждане на проучването. Процедурата се прилага при планирането и изпълнението на дейностите, които се извършват за подготовка, поставяне и събиране на детекторите. В нея са описани основните елементи на дизайна на проучването, анкетните карти и осигуряването на качеството на проучването.

4. ОБОРУДВАНЕ

За провеждане на национално проучване на фактора на сезонните вариации на концентрацията на радон в сгради се използват пасивни дългосрочни детектори RSK, състоящи се от дифузионна камера с CR-39 чип. Детекторите са с период на експозиция за 3 месеца. Те представляват интегриран метод за регистрация на радон в помещението, чрез тракове върху чипа и определяне на средната концентрация на радон за периода. Детекторите се обработват с Radosys анализационна система в лаборатория „Мониторинг и превенция на радон“ в НЦРРЗ. Те се разглобяват, ецват и траковете се прочитат на



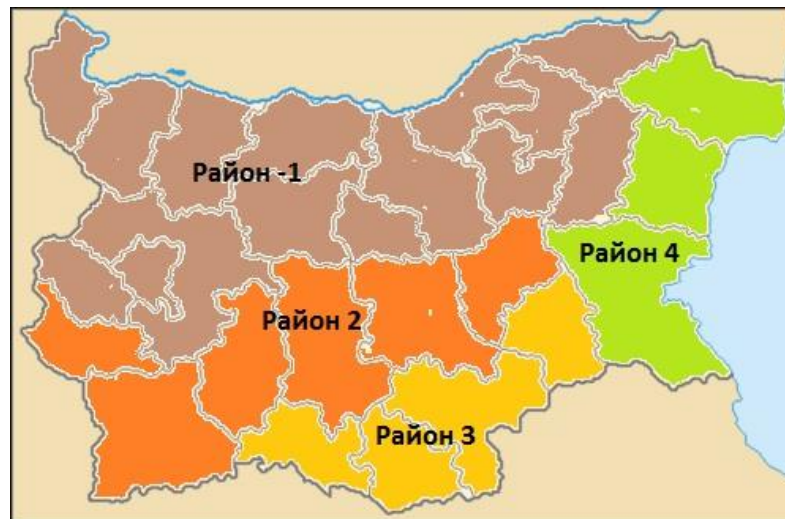
електронен микроскоп. Всеки детектор е комплектован с инструкцията за точното му позициониране в помещението (приложение №1), информационна брошура и анкетна карта (приложение №2) от настоящата процедура.

5. МЕТОДОЛОГИЯ

Концентрацията на радон варира в широки граници в зависимост от климата, метеорологичната характеристика, релеф и навици на жителите, което налага предварителна оценка на корекционните фактори в резултат на сезонните вариации за дългосрочна оценка на риска за населението от облъчване от радон в сгради. Корекционните фактори са специфични за отделните региони в страната и изискват измервания през цялата година.

5.1. Райони в страната за целите на определяне на корекционните фактори

За целите на определяне на корекционните фактори, в резултат на сезонните вариации за дългосрочна оценка на риска за населението от облъчване от радон в сгради, България е разделена на 4 района (Фигура 2).



Фигура 2. Райони в България в зависимост от корекционните сезонни фактори за определяне на средногодишни концентрации на радон

При определянето районите за изследване на корекционните сезонни фактори за определяне на средногодишните концентрации радон са взети под внимание климатичните зони в България и административното разделяне на страна. Измерванията ще бъдат извършени, с помощта на Регионалните здравни инспекции, които са отговорни за организиране на областни координационни съвети и изпълнение на Националната програма за намаляване на въздействието на концентрацията на радон в сгради върху здравето на Българското население по области. Планинската климатична област не е взета под внимание при определянето на районите, тъй като тя обхваща територия с надморска височина над 1000 м., а там се предполага, че няма сграден фонд. Броя на районите и техните граници ще бъдат верифицирани с

результатите от измерванията, както и с допълнителни проучвания за климата, релефа, и други фактори, които биха повлияли на сезонните вариации на концентрацията на радон в сгради. В процеса на провеждане на допълнителните проучвания могат да бъдат привлечени и други институции.

Разпределението на административните области в районите, по които ще се определят корекционни сезонни вариации са представени в Таблица 1 със съответните кодове, въведени от Националното проучване на концентрацията радон в жилища и площта на областта.

Таблица 1. Административни области по районите за корекционни сезонни фактори

Район Област	Код	Площ [km ²]
Район 1		
Велико Търново	04	4 662
Видин	05	3 033
Враца	06	3 620
Габрово	07	2 023
Ловеч	11	4 129
Монтана	12	3 636
Перник	14	2 392
Плевен	15	4 337
Разград	17	2 637
Русе	18	2 803
Силистра	19	2 846
София – град	22	1 345
София –област	23	7 059
Търговище	25	2 716
Шумен	27	3 390
Район 2		
Благоевград	01	6 449
Кюстендил	10	3 084
Пазарджик	13	4 459
Пловдив	16	5 962
Сливен	20	3 544
Стара Загора	24	5 152
Район 3		
Кърджали	09	3 209
Смолян	21	3 193
Хасково	26	5 470
Ямбол	28	3 336
Район 4		
Бургас	02	7 748
Варна	03	3 818
Добрич	08	4 720

За да се определят корекционните сезонни фактори проучването ще се извърши в четири фази в зависимост от четирите сезона в страната. Сезоните се определят всяка година от Институт по астрономия с национална астрономическа обсерватория към Българската академия на науките в астрономически календар [9]. Всяка година на интернет страницата на института се публикува актуален астрономически календар за

годината. Фазите са определени на базата на астрономически календар за 2016 г. [9] и в приближение се приема че, интервалите на четирите фази за проучването могат да се разделят на:

- зима - от 20 декември до 20 март;
- пролет - от 20 март до 20 юни;
- лято - от 20 юни до 20 септември;
- есен - от 20 септември до 20 декември.

Жилищата се избират на случаен принцип, следвайки схемата „до врата“ от Регионалните здравни инспекции (РЗИ). Детекторите се подменят през три месеца и се изпращат до лаборатория „Мониторинг и превенция на радон“ (МПП) за обработка. Проучването ще продължи една година, за да се обхванат всичките сезонни вариации.

5.2. Модел и обем на извадка на изследваните жилища

Извадката на изследваните жилища, изготвена в резултат на сезонните вариации с цел дългосрочна оценка на риска за населението от облъчване от радон в сгради е представителна на национално ниво и включва измерване на жилищни сгради с приземни обитавани етажи („кота 0” от земната повърхност).

При формирането на извадката са използвани данни за жилищния фонд в България от Националният статистически институт за 2015 г. [10]. Извадката е стратифицирана (районирана) с безвъзвратен подход, като за критерии за райониране са използвани климатичните зони в България и административните области.

При този подход единиците са избрани, след като генералната съвкупност на жилищния фонд е райониран по климатичните зони. Районирането се извършва с цел подобряване точността на оценките, т.е. намаляване на стохастичната грешка при един и същ обем на извадката. Методът е приложим при работа с хетерогенни генерални съвкупности. Смисълът на разделянето на генералната съвкупност на качествено еднородни райони в съответствие с приблизителното разположение на областта в климатичната зона се свежда до разпределянето на съвкупността на хомогенни групи. Набирането на единиците от тях може да се извърши по различни методи. В приложеният модел за определяне на обема се използва непропорционалният подбор от всяка група, независимо от нейния обем, се подбират еднакъв брой единици. Единиците и на двете степени са избрани чрез систематичен случаен подбор със случайно начало, като на първата, с вероятност пропорционална на броя на жилищния фонд в дефинирани гнезда - областите, а в тях са определени по равен брой жилищата (по 30 жилища във всяка една област).

Таблица 2. Разпределение на жилищата и детекторите по райони

райони за сезонни корекционни фактори	Брой жилища към 2015	в градове	в села	брой изследвани жилища	Общ брой детектори	% разпределение на детекторите в градове	% разпределение на детекторите в села
Общо за страната	3935105	2613418	1321687	840	3360	70	30
Район -1	2015293	1337288	678005	450	1800	70	30
Район -2	889550	572643	316907	180	720	60	40
Район -3	391177	221034	170143	120	480	60	40
Район -4	639085	482453	156632	90	360	75	25

Моделът и обемът на извадката са определени така, че да бъде осигурена достатъчна точност на получените резултати, т.е. максималната относителна грешка на оценките да не надвишава 15% за 5%-те относителни дялове при доверителна вероятност $P=0.95$. Обемът на извадката, за първата степен на разпределение е определен по формулата [11]:

$$n = \frac{z^2 \cdot \sigma^2 \cdot N}{\Lambda^2 \cdot N + z^2 \cdot \sigma^2}$$

където:

z - коефициент, съответстващ на приетата гаранционна вероятност 0.95, $z=1.96$;
 N - генералната съвкупност жилища за България по статистически данни за 2015 г.;

Λ - максимална относителна грешка;

σ – стандартно геометрично отклонение от предишно проучване.

При определянето на размера на извадката е използвано стандартното геометрично отклонение, тъй като разпределението на измерванията на концентрацията на радон в жилища е лог-нормално. От проведеното национално проучване стандартното геометрично отклонение е $\sigma=2.16$. Определеният обем на извадката по формулата е 813 броя жилища, които са разпределени по райони пропорционално, в зависимост от броя гнезда (области) в района. На базата на определения обем на извадката е дефиниран броя жилища за област при втората степен на разпределение (≈ 30 броя), което променя обема на извадката на 840 броя жилища.

В изследването на концентрацията на радон във въздух е заложен принципът на доброволното участие на случайно подбрани жилища. Всяко случайно избрано жилище, което не желае или няма възможност да сътрудничи на изследването, се подменя с друго от същото гнездо (област).

5.3. Метод за определяне на корекционните фактори

Сезонните корекционни фактори се изчисляват като се използва анализ на разлагане на Фурие [12]. Методът за изчисляване на сезонните корекционни фактори се основава на предположението, че разпределението на данните за концентрацията на радон е лог-нормално [13]. Като се има предвид, че продължителността на периодите за измерване в едно жилище (j) са тримесечни измервания и като се има предвид

фоновите стойности за концентрацията на радон на открито, средната стойност на концентрацията на радон се определя по формулата:

$$Y_j - Y_b = \frac{1}{3} h_j \sum_{k=i-1}^{i+1} m_k,$$

където Y_b представлява фоновата концентрация на радон на открито в $[Bq/m^3]$, която е приблизително $10 Bq/m^3$, съгласно Научен комитет по изучаване на действието на атомната радиация (НКДАР) [14].

h_j е вариацията на концентрацията на радон в жилище(j).

m_k е функция, описваща концентрацията на радон измерена в жилището j (за период от дванадесет месеца).

Следвайки формулата на Бурке [15], функцията, описваща концентрацията на радон измерена в жилището j (m_k) може да бъде моделирана чрез обикновено разлагане на Фурие на концентрацията на радон m_i за всеки период на измерване, както следва:

$$m_i = \beta_0 + \alpha_1 \sin\left(\frac{2\pi i}{12}\right) + \beta_1 \cos\left(\frac{2\pi i}{12}\right), \quad (\text{за } i=1, \dots, 12),$$

$i=1, \dots, 12$ е периодът от 12 месеца, за който се измерва концентрацията на радон

Параметрите на Фурие β_0 , α_1 и β_1 се оценяват с помощта на многовариантен регресионен анализ, давайки възможност за оценката на концентрацията на радон за продължителността от тримесечния период на измерванията с помощта на допускането за нормални остатъци в рамките на регресия [15]. Тримесечните сезонни корекционни фактори се изчисляват по следната формула:

$$f_i = \frac{3 \sum_{k=1}^{12} m_k}{\sum_{k=i-1}^{i+1} m_k}, \quad (\text{за } i=1, \dots, 12),$$

За да се оцени годишната концентрация на радон за измерваното жилище трябва да се проследят вариациите през цялата година. При оценката следва да се вземат в предвид и влиянието на други фактори върху концентрацията на радон, например конструкцията на сградата и да се оцени неопределеността на индивидуалното измерване [15].

5.4. График за провеждане на проучването

Провеждането на националното проучване за определяне на корекционните фактори на сезонните вариации се извършва в 4 етапа. Времевият график е представен в Таблица 3.

Етап 1 – Подготвителни дейности

Процедурата за провеждане на националното проучване на корекционните фактори въз основа на сезоните вариации за определяне на средногодишните концентрации се приема от Националният координационен съвет. След утвърждаване на процедурата от председателя, НЦРРЗ изготвя уведомителни писма до Регионалните здравни инспекции (РЗИ) за провеждане на проучването и ги изпраща с процедурата на хартиен и електронен носител. РЗИ-та се подготвят за проучването, като избират подходящи 30 жилища (къщи) и доброволци за провеждане на проучването равномерно разпределени на територията на областта. При изборът на жилищни сгради превес следва да имат къщите, като може да бъде използвано процентното разпределение за градовете и селата, определено в Таблица 1.

НЦРРЗ изпраща детекторите за цялото проучване съответно по 120 броя на всяко РЗИ с анкетни карти за обследваните жилища, инструкции за поставянето им и брошури. За попълване на базата данни се изпраща електронна таблица. Номерацията на анкетните карти следва да спазва определените кодове в Процедурата за провеждане на националното проучване на концентрацията на радон в жилищни сгради. При отказ на собствениците на жилището да продължат проучването цяла година се попълва нова анкетна карта, като номера е следващия поред, но се спазва кода на областта и общината.

Детекторите се съхраняват затворени в кутиите, а кутиите следва да се съхраняват на хладно място, като се избягват мазета и топли помещения. Могат да бъдат поставени в хладилник или фризер. При съхранението на детекторите металното фолио не трябва да се отваря.

Етап 2 – Поставяне на детекторите

Детекторите се предоставят на доброволците в съответната община или се провежда обхождане на населеното място за намиране на произволно подбрани жилища “до врата“. Доброволците/обитателите на жилища се запознават с целта на проучването. Предоставят им се информационни брошури и анкетна карта, дават се допълнителни разяснения като се оказва съдействие за попълване на данните в картата, чиято цел е - събиране на информация за вида на жилището и т.н. Детекторите се поставят в жилищните помещения на приземния етаж (кота 0) в дневната/хол и/или спалнята/детска стая, съгласно инструкцията. В две от къщите се поставя дублиращ детектор в измерваното помещение. Внимателно се попълва номера (ID кода) на детектора, датата на поставяне и помещението, където е поставен. След приключване на проучването копия на попълнените анкетни карти се изпращат в НЦРРЗ, а оригиналите се съхраняват в РЗИ-то.

Етап 3 – Смяна на детекторите

Детекторите се сменят на всеки три месеца. След изтичане на трите месеца инспекторите от РЗИ събират детекторите от съответната фаза и поставят нови

детектори. Детекторите, изложени на тримесечна експозиция се поставят в плик, а новите детектори се поставят на същите места в жилището. При подмяната на детекторите в анкетната карта се записва датата на събиране на стария детектори и датата на поставяне на новия детектор, както и номера на новия детектор. Събраните детектори се изпращат във възможно най-кратък срок (до една седмица) в лаборатория МПР-НЦРРЗ за обработка и измерване, попълнената таблица с данните от анкетната карта се изпраща по електронен път.

Етап 4 – Анализ на резултатите

Резултатите от тримесечните серии се обработват в лаборатория МПР-НЦРРЗ. Анализът се извършва след приключване на четирите фази от проучването. Резултатите се изпращат в електронен вид за проверка в РЗИ-та. Проверяват се: данните от анкетните карти и съответствие на детекторите, поставени през фазите. Потвърдените данни се връщат в НЦРРЗ, за определяне на средногодишните (претеглени) стойности на концентрацията на радон във въздух в жилището. Крайните резултати се изпращат в РЗИ-та за информиране на собствениците на жилищата за измерената концентрация на радон. Обработката и обобщаването на резултатите, съответно определянето на корекционните коефициенти на сезоните вариации се представя в отчет, изготвен от НЦРРЗ до 3 месеца след приключване на проучването.

Таблица 3. Времеви график на дейностите по проучването

Етап/ фаза	Етап 1	Етап 2 и Етап 3								Етап 4
	подготвителни дейности	фаза 1 - пролетен сезон		фаза 2 - летен сезон		фаза 3 - есенен сезон		фаза 4 - зимен сезон		Обработка на резултатите
		поставяне	сваляне	поставяне	сваляне	поставяне	сваляне	поставяне	сваляне	
време	януари-март	20 март	20 юни	20 юни	20 септември	20 септември	20 декември	20 декември	20 март	април - юни

6. ОСИГУРЯВАНЕ НА КАЧЕСТВОТО

Осигуряването на качеството на първо място се гарантира чрез калибриране на партидата с детектори, използвани за проучването. Определен брой детектори се облъчват с известна активност в определен брой точки от акредитирана лаборатория. Тези детектори се използват за определяне на коефициента за ефективност на партидата. За определяне на фоновите стойности се отделят минимум десет детектори, които не се подлагат на облъчване, но се обработват по същия начин като останалите.

За да се гарантира точността на получените резултати, се провеждат измервания за осигуряване на качеството. Използват се два типа измервания: дублиращи и нулеви.

6.1. Оценка на прецизността на измерванията

За да се гарантира точността и прецизността на получените резултати, провеждат се допълнителни измервания за контрол на качеството. Използват се дублиращи детектори.

Дублиращите детектори се разполагат на същото място и за същия период, като основния уред на измерване. Поставят се в 10% от места на измерване. Дублиращи

детектори се поставят за всяка фаза, те могат да се поставят в различни жилища от тези в предходната фаза. Номерът на дублиращия детектор се записва в съответната анкетната карта в графа забележка. Детекторът се третира по същия начин, като основния детектор. Резултатите от дублиращия детектор трябва да съвпадат с резултатите от основния. При средни стойности на концентрации на радон в помещения около 150 Bq/m^3 двете измервания не трябва да се различават с повече от 25%. При по-големи разлики трябва да се търси източника на несъответствие, който може да бъде начина на пробовземане. Дублиращите детектори за всички фази ще бъдат предоставени на РЗИ-та заедно с основните детектори. Дублиращите детектори се записват под съответната анкетна карта за измерваното жилище в електронната таблица. За подобряване на качеството на определяне на корекционните фактори в 10% от жилищата се поставят и детектори с по-дълъг период на пробонабиране – 6 месечни.

6.2. Оценка на точността на измерванията

Нулевите (blank) детектори се използват за оценка на влиянието на някои допълнителни процеси върху точността на определяне на концентрацията на радон: пренасянето от лабораторията до помещението, в което е поставен уреда и обратно, съхранението им и други. Същевременно се прави и проверка на точността на лабораторията, която отчита детекторите. Нулевите детектори не се разопаковат или отварят. Тъй като нулевите детектори не са изложени на експозиция на радон, то тяхната стойност теоретично трябва да е около 0.0 Bq/m^3 . Всяка стойност, различна от 5 Bq/m^3 е мярка за точността на измерванията. Броят на нулевите детектори е около 3% от броя на детекторите в партидата. Те се изпращат с общия брой детектори до РЗИ-то, но не се поставят както дублиращите и не се отварят, само съпровождат партидата, за да се оценят условията на транспортирането. Те се записват в таблицата след всички анкетни карти.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gunby J A, Darby S C, Miles J C H, Green B M R, Cox D R. Factors affecting indoor radon concentrations in the United Kingdom. Health Physics 1993; 64(1): 2–12.
2. Eaton, R.S., Scott, A.G. Understanding radon transport into houses. Rad. Prot. Dosim. 1984; 7, 251-253.
3. Pinel, J., Fearn, T., Darby, S.C., Miles, J.C.H. Seasonal correction factors for indoor radon measurements in the United Kingdom. Radiat. Prot. Dosim. 1995; 58 (2), 127–132.
4. Baysson, H., Billon, S., Laurier, D., Rogel, A., and Tirmarche, M.: Seasonal correction factors for estimating radon exposures in dwellings in France, Radiat. Prot. Dosim. 2003; 104, 245–252.
5. Burke, Orlaith; Long, Stephanie; Murphy, Patrick; Organo, Catherine; Fenton, David; Colgan, Peter Anthony. Estimation of seasonal correction factors through Fourier decomposition analysis-a new model for indoor radon levels in Irish homes. J Rad. Prot. 2010; 30(3):433-43.
6. A.R. Denman, R.G.M. Crockett, C.J. Groves-Kirkby, P.S. Phillips, G.K. Gillmore, A.C. Woolridge. Are Seasonal Correction Factors Useful in Assessing the Health Risk from Domestic Radon. Second European IRPA Congress on Radiation Protection, May 2006, Paris, France

7. Papastefanou, C., Stoulos, S., Manolopoulou, M., Ioannidou, A., Charalambous, S., Indoor radon concentrations in Greek apartments dwellings. *Health Phys.* 1994; 66 (3), 270–273.
8. The UK Childhood Cancer Study Investigators. The United Kingdom childhood cancer study: objectives, materials and methods. *British Journal of Cancer* 2000; 82(5); 1073–1102.
9. Астрономически календар за 2016 година LXII от Институт по астрономия с национална астрономическа обсерватория към Българската академия на науките, София, 2015, Парадигма. Достъпен на:
(http://nao-rozhen.org/astrocalendar/2016/Astronomical_calendar_2016.pdf)
10. Национален статистически институт. Статистически данни за 2015 г. Достъпни на:
www.nsi.bg
11. Walpole R., Myers R., Myers S. *Probability & Statistics for Engineers & Scientists*. Ninth Edition. 2012, Pearson Education.
12. Pinel, J., Fearn, T., Darby, S., and Miles, J. Seasonal correction factors for indoor radon measurements in the United Kingdom. *Radiation Protection Dosimetry*, 1995, 58(2):127-132.
13. Murphy, P. and Organo, C. A comparative study of lognormal, gamma and beta modeling in radon mapping with recommendations regarding bias, sample sizes and the treatment of outliers. *Journal of Radiological Protection*, 2008, 93(4):369-374N.
14. UNSCEAR. *Sources and Effects of Ionizing Radiation, Report to the general Assembly with Annexes*, UN Publication, New York, (2000)
15. Burke, Ó., Long, S., Murphy, P., Organo, C., Fenton, D., and Colgan, P. A. Estimation of seasonal correction factors through Fourier decomposition analysis - a new model for indoor radon levels in Irish homes. *Journal of Radiological Protection*. 2010

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение № 1

ИНСТРУКЦИЯ

за извършване на измервания на концентрация на радон във въздуха на помещения в жилищни сгради

Препоръка за използването на детекторите:

- При поставяне на детектора в помещението, което ще бъде тествано, разпечатайте торбичката-фолио. За по-лесно разопаковане има предварително нарязан ръб на торбичката.
- Не се изискват допълнителни действия за да включите детектора. Детекторът се активира чрез премахване на фолиото.
- Попълва се анкетната карта и се записва датата на поставянето (отварянето на фолиото).
- След препоръчителното време на експозицията - 3 месеца се записва крайната дата в таблицата и детектора се поставя в найлонов плик. При изпращане по пощата се поставя лепенката, която ви е предоставена, за да не се подлага детектора на допълнително рентгеново облъчване.

Местоположение.

- Детекторът се поставя на най-ниския обитаем етаж (приземния) от сградата, където концентрацията на радон е най-висока.
- За предпочитане е измерванията да се извършват в спални помещения, детски стаи и всекидневни.
- Не поставяйте детектора в кухненски помещения, бани, тоалетни или коридори.
- Детекторът се поставя на 1 до 2 метра над пода, при свободен достъп на въздух до него и да е на недостъпно място за децата.
- Детекторът трябва да бъде на разстояние приблизително един метър от прозорци, стени и врати. Детекторът обикновено може да бъде поставен върху рафт или етажерка за книги, цветя и други.
- Детекторът може да бъде залепен под масата със залепващо тиксо. Ориентацията на контейнерчето не влияе на резултата, но не покривайте капачето на детектора, където е записан идентификационния номер на уреда.



Radon Measurement
Certification
Centre



- **Детекторът не се поставя в шкаф или чекмедже (в затворен обем).**
- **Не променяйте помещението, където е поставен детектора в периода на измерването.**
- **Избягвайте да поставяте детектора до източник на топлина, пряка слънчева светлина или до място където температурата може да се повиши.**
- **Изключително влажна среда също не е подходяща за този тип детектори (не се поставят в бани, СПА или други места с висока влажност).**
- **Не го отваряйте или разглобявайте.**

БЛАГОДАРИМ ВИ ЗА СЪДЕЙСТВИЕТО!

ВАЖНО! Детекторът не излъчва йонизиращо лъчение или друг вид лъчение.

Детекторът измерва част от естествения радиационен фон,
и не събира никаква друга информация за вас и вашето жилище.

Всяко отваряне и разглобяване на детектора ще компрометира измерването!

(с X се попълва верния отговор)

Приложение № 2

**Анкетна карта за измерване на концентрацията
на радон в жилищни сгради
№/.....**

I. МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ <i>(Попълват се данни за местоположението на жилището и обитатели, информация за връзка. В т.8 „допълнителна информация“ се попълва информация за собственика на жилището, когато той не живее в него или друга информация, необходима за връзка. Във т. 9 „вид на земния материал“ се отбелязва преобладаващия материал (камъни, пясък, глина или друго) около жилището или в населеното място).</i>	1. ОБЛАСТ	.....
	2. ОБЩИНА	.....
	3. НАСЕЛЕНО МЯСТО	.....
	4. АДРЕС	.....
	5. GPS координати	N ____ ° ____ ‘ ____ ‘ E ____ ° ____ ‘ ____ ‘
	6. ИМЕ на обитателите	.....
	7. Телефон за връзка	.....
	8. Допълнителна информация	.....
	9. Вид на земния материал	<input type="checkbox"/> каменист <input type="checkbox"/> пясък <input type="checkbox"/> глина <input type="checkbox"/> друго

II. ХАРАКТЕРИСТИКА НА ЖИЛИЩЕТО <i>(В т.1 се отбелязва типа на сградата – къща, блок или друг тип сградата. В т. 2 се попълват обичайния брой етажи на сградата, а в т. 3 приблизителната година на строителство на сградата. В т.4 и 5 се отбелязва наличието на основа на сградата и вида на материала на основата. В т. 6 се отбелязва наличието на мазе, като в т.7 се уточнява дали се обитава мазето за живеене и ако да се попълва броя на обитаваните стаи. В т. 8 и 9 се отбелязва наличието на асансьор и подземен гараж. В т.10 се попълва информация за извършен ремонт на сградата/жилището и коя година е извършен ремонта.</i>	1.Тип на сградата	<input type="checkbox"/> къща <input type="checkbox"/> апартамент в блок <input type="checkbox"/> друг.....
	2. Колко етажа е сградата	.....
	3. Година на строителство	.....
	4. Има ли основа сградата?	<input type="checkbox"/> да <input type="checkbox"/> не
	5. Какъв е материала на основата?	<input type="checkbox"/> бетон <input type="checkbox"/> камък <input type="checkbox"/> гредоред <input type="checkbox"/> друго.....
	6. Има ли мазе/сутерен?	<input type="checkbox"/> да <input type="checkbox"/> не
	7. Използва ли се мазето за постоянно обитаване?	<input type="checkbox"/> да (брой стаи, които се обитават.....) <input type="checkbox"/> не
	8. Има ли сградата асансьор?	<input type="checkbox"/> да <input type="checkbox"/> не
	9. Има ли сградата подземен гараж?	<input type="checkbox"/> да <input type="checkbox"/> не
	10. Извършен ремонт за енергийна	<input type="checkbox"/> да, година <input type="checkbox"/> не

	ефективност?	
--	--------------	--

III. ХАРАКТЕРИСТИКА НА СТРОИТЕЛНИЯ МАТЕРИАЛ <i>(В т.1 се отбелязва вида на строителния материал, който е използван за строителството на сградата. Отбелязва се основния материал, който доминира в сградата. В т.2 се записва вида на покритието на пода. В т.3 се отбелязва покритието на стените и тавана).</i>	1. Вид на строителния материал	<input type="checkbox"/> камък <input type="checkbox"/> тухли <input type="checkbox"/> стомано-бетон <input type="checkbox"/> панел <input type="checkbox"/> дърво <input type="checkbox"/> друго
	2. Материал на пода	<input type="checkbox"/> паркет <input type="checkbox"/> плочки <input type="checkbox"/> балатум <input type="checkbox"/> без покритие <input type="checkbox"/> друго
	3. Материал на стените и тавана	<input type="checkbox"/> латекс <input type="checkbox"/> тапети <input type="checkbox"/> мазилка <input type="checkbox"/> без мазилка <input type="checkbox"/> друго

IV. ВЕНТИЛАЦИЯ И КАНАЛИЗАЦИЯ <i>(В т.1 се попълват дали има вентилационната система в сградата. В т.2 се уточнява вида на вентилационната система – естествена или механична. В т.3 се отбелязва вида на дограмата на прозорците. В т.4 попълва вида на използваното отопление в жилището. В т.5 се отбелязва вида на канализационната система. В т. 6 се описва водопроводната система, която се ползва в сградата – централна за населеното място, местна за района на селото или собствена само за сградата или друг вид например минерална вода).</i>	1. Има ли вентилационна система.	<input type="checkbox"/> да <input type="checkbox"/> не
	2. Вид на вентилационната система.	<input type="checkbox"/> естествена (пасивна) <input type="checkbox"/> механична (активна)
	3. Вид на дограмата на прозорците.	<input type="checkbox"/> дървена (стар вид) <input type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> дървена (нов вид) <input type="checkbox"/> друг
	4. Вид на отоплителната система	<input type="checkbox"/> централно парно <input type="checkbox"/> електричество <input type="checkbox"/> дърва <input type="checkbox"/> въглища <input type="checkbox"/> комбинирано <input type="checkbox"/> друго
	5. Канализационна система	<input type="checkbox"/> централна <input type="checkbox"/> септична яма
	6. Водопроводна система	<input type="checkbox"/> централен <input type="checkbox"/> местен <input type="checkbox"/> собствен <input type="checkbox"/> друг

V. ИНФОРМАЦИЯ ЗА ОБИТАТЕЛИТЕ НА ЖИЛИЩЕТО <i>(Тази информация е необходима за оценката на облъчването на обитателите. В т.1 се попълват от коя година обитателите живеят в сградата. В т.2 се уточнява броя на обитателите в жилището и броя на обитателите до 18 и над 18 години. В т.3 се уточнява времето на престой в жилището. В т.4 се отбелязва да ли се пуши в жилището, а т. 5 навиците на пушене на обитателя).</i>	1. От коя година живеете в сградата.	..... .....
	2. Колко човека живеят в жилището.	<input type="checkbox"/> един <input type="checkbox"/> двама <input type="checkbox"/> трима <input type="checkbox"/> четирима <input type="checkbox"/> повече (от тях до 18 г. ; над 18 г.)
	3. Колко време се престоява в жилището	<input type="checkbox"/> до 12 часа <input type="checkbox"/> повече
	4. Пушили се в жилището?	<input type="checkbox"/> да <input type="checkbox"/> не
	5. Пушите ли?	<input type="checkbox"/> > 20 цигари <input type="checkbox"/> < 20 цигари <input type="checkbox"/> пушили сте преди <input type="checkbox"/> никога не сте пушили

VI. ПРОБОВЗЕМАНЕ <i>(В колона 1 се попълват номера на детектора, който е изписан на него и на металния плик. В к. 2 се отбелязва етаж на измерваното жилище. В к. 3 се отбелязва къде е поставен детектора в жилището. В к. 4 се записва дата, когато е разпечатан металния плик и детектора/ите е/са поставен/и в жилището, а в к. 5 - датата на събиране на детектора/ите).</i>

Номер на детектора	Местоположение		Период на пробоземане	
	Място в сградата	Място в жилището	Начална дата	Крайна дата
1	2	3	4	5
	Етаж	<input type="checkbox"/> дневна <input type="checkbox"/> спалня <input type="checkbox"/> детска <input type="checkbox"/> друго		
	Етаж	<input type="checkbox"/> дневна <input type="checkbox"/> спалня <input type="checkbox"/> детска <input type="checkbox"/> друго		
	Етаж	<input type="checkbox"/> дневна <input type="checkbox"/> спалня <input type="checkbox"/> детска <input type="checkbox"/> друго		
	Етаж	<input type="checkbox"/> дневна <input type="checkbox"/> спалня <input type="checkbox"/> детска <input type="checkbox"/> друго		

VII. ДОПЪЛНИТЕЛНА ИНФОРМАЦИЯ <i>Попълва се ако е необходимо.</i>	1. Забележка <i>(при поставяне на дублиращ детектор се записва номера му)</i>
--	--	----------------------------------

VII. ПОПЪЛНИЛ АНКЕТАТА	1.	ПОДПИС
-------------------------------	---------	--------------