

До г-н Председателя  
на жури по ядрена физика  
за защита на докторска теза

## РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за получаване на образователната и научна степен „доктор”, научна специалност 01.03.04 Ядрена физика

Автор на дисертационния труд: **Страхил Бойчев Георгиев**

Тема на дисертационния труд: „Ядренофизични методи за изследване на миграцията на радиоактивни благородни газове”

Рецензент: **доц. д-р Ани Петрова Минкова**, от Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика при БАН (пенсионер от 2010 г.)/доцент във Физическия факултет до 2006 г.

Г-н Страхил Бойчев Георгиев е завършил висше образование по физика във Физическия факултет на Софийския университет „Св. Климент Охридски”. От януари 2007 г. става докторант във Физическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“, катедра Атомна физика, и отчислен с право на защита през януари 2010 г. Научен ръководител на г-н Георгиев е доц. д-р Добромир Пресиянов, а научен консултант е гл. ас. д-р Красимир Митев.

Дисертацията е написана на 150 страници, като в това са включени две приложения и библиография със 130 цитирани труда. Съдържанието на дисертацията включва увод, три глави и заключение. В текста има 13 таблици и 45 фигури, с които се илюстрират твърденията на докторанта.

**Актуалност на проблема.** Дисертацията е посветена на някои ядренофизични методи за изследване на миграцията и детектирането на радиоактивни благородни газове:  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{85}\text{Kr}$  и  $^{133}\text{Xe}$  в околната среда. Това изследване е свързано с *два много важни и актуални проблема с обществено значение*: радоновия проблем и контрола на ядрени централи при нормална работа или при аварии. Наличието на  $^{222}\text{Rn}$ , благороден радиактивен газ от урановото семейство, в домовете, в минералните бани или на месторабота е една от основните причини за рак на белия дроб сред населението. На  $^{222}\text{Rn}$  се дължи над 50% от годишната ефективна доза за населението от природната радиоактивност. Другите два радиоактивни газа:  $^{85}\text{Kr}$  и  $^{133}\text{Xe}$  не се намират в природата, а имат техногенен произход, получават се в ядрените централи като продукти от деленето на ядреното гориво. Тъй като тези газове са благородни, те могат да мигрират свободно в помещенията на централата, ако има разхерметизиране на топло-

отделящите елементи, а при ядрена авария могат да мигрират на хиляди километри. Пример за това е аварията във Фукушима, следствие от природно бедствие. Измерването на тези радиоактивни благородни газове играе важна роля за откриване на неизправности в топлоотделящите елементи в един реактор, както и за определяне на разпространението им в земната атмосфера.

Целите, поставени пред докторанта са две. Първата е развитие на метода на дифузионните камери за кумулативни измервания на  $^{222}\text{Rn}$ . Втората е свързана с развитието на поликарбонатния метод за измерване на бета-радиоактивни благородни газове, както и с изследвания, свързани с разработката и валидирането на теоретичен модел, описващ процесите на тяхната сорбция и десорбция в поликарбонати.

**Познаване на състоянието в областта и резултатите от предходни изследвания.** Втората глава на дисертацията, написана на около 30 страници, представлява обзор на методите за измерване на радиоактивни благородни газове. Акцентът в този обзор е върху кумулативните измервания на радон в сгради, във води и в почвен газ. Разгледани са и методи за измерване на  $^{85}\text{Kr}$  и  $^{133}\text{Xe}$ , чиято поява в околната среда е свързана с работата на ядрените електроцентрали и фармацевтичната промишленост.

Цитираната литература наброява 130 заглавия, бих казала, че няма твърдение в дисертацията, чийто източник да не е указан, всички известни публикации в областта са му известни, както и нормативни документи (европейски или български) и материали, публикувани в интернет. Основно място заемат публикациите на групата, в която работи докторантът и част от които са в основата на дисертацията. С една дума, дисертацията показва отлично познаване на проблема и неговото развитие през годините.

**Адекватни ли са използваните методи за изпълнение на поставените цели.** Изследванията по представената дисертация са малка част от многогодишната работа на Лабораторията по дозиметрия и лъчезащита към кат. Атомна физика на Физическия факултет при СУ по измерване и оценка на радиоактивност в околната среда. Радоновият проблем беше в основата на докторската дисертация на покойния ръководител на тази лаборатория проф. Иван Узунов, както и на настоящия и ръководител доц. д-р Добромир Пресиянов.

Преди около 15 години случайно е било открито, че използваните за контейнери кутийки от поликарбонатна пластмаса поглъщат поставения в тях радиоактивен благороден газ и с това внасят неопределеност при изследванията. Малко след това доц. Пресиянов започва системни изследвания на поликарбонатни пластинки с цел използването им за регистриране на  $^{222}\text{Rn}$  в сгради. В серия от статии с чуждестранни автори и

с група сътрудници от Физическия факултет той показва адекватността на тази нова методика за изследване на радон.

Поликарбонатните материали са особено подходящи за ретроспективни измервания в сгради, тъй като всички компакт дискове (CD или DVD) са покрити с тях. По следите на алфа-частиците от разпадането на  $^{222}\text{Rn}$  и неговите дъщерни продукти може да се определи количеството на радона в помещението, където е съхраняван диска. Целта на тези изследвания е била да се покаже съществуването на пропорционалност между броя на следите и обемната активност на радона. Развитие на метода с цел за широкото му използване в практиката на приложната дозиметрия и лъчезащита е в търсене на методи за бързо и точно броене на следите чрез прецизен компютърен скенер и съответно разработени програми. Точно тези разработки са в основата на дисертацията на Ивелина Димитрова, другата докторантка на доц. Пресиянов. На докторанта Страхил Георгиев са поставени задачите да развие метода на дифузионните камери за кумулативни измервания на  $^{222}\text{Rn}$  и да приложи поликарбонатния метод за измерване на бета-радиоактивност от благородни газове, т.е. развитие, разширение и приложение на доказалите се вече методики.

В заключение на тази точка ще отбележа, че използваните в дисертацията методи са надеждни за изследванията по поставените в дисертацията основни задачи. Допълнителен аргумент за това е международно сравнително изследване, в което се валидират не само експерименталните методи, но и предложения от българската група теоретичен модел за описание на сорбцията и десорбцията на благородните газове в полимерни материали.

**Главни приноси на докторанта.** Тук бих искала да отбележа и оценя главните резултати и приноси от дисертацията на Страхил Георгиев. В съответствие с двете цели на изследванията, главните резултати и приноси могат да бъдат формулирани както следва:

1. Развитие на метода на дифузионните камери за кумулативни измервания на  $^{222}\text{Rn}$
2. Разработване и изследвания на поликарбонатния метод за измерване на радиоактивни благородни газове в различни среди.

Направеното по **първата задача** се свежда до разработване и валидиране на метод (алгоритъм) за автоматично броене на следи от алфа-частици в два вида твърдотелни детектори, поставяни в дифузионните камери. Следите на алфа-частиците се правят „видими“ за компютърния скенер чрез химическо (без прилагане на високо напрежение) ецване. Калибрирани са няколко пластмасови и метални дифузионни камери с два типа твърдотелни детектори и е изследвана зависимостта на калибровъчния коефициент от конструкцията на камерите.

Неопределеността при определяне на калибровъчния коефициент е по-малка от 10%.

По **втората задача**, свързана с развитието на поликарбонатния метод, приносите са много и съществени:

Разработен е метод за числено определяне на ефективността при измерване на радиоактивни благородни газове (РБГ) чрез абсорбция в поликарбонати и общо бета-броене. Съществен принос на докторанта е оценката на приноса на алфа-частиците към броя импулси в детектора от непрекъснатия спектър от продуктите на разпада на  $^{222}\text{Rn}$ . Друг съществен принос е спиране на десорбцията на РБГ от поликарбоната чрез съхраняването му в течен азот. Тази наглед проста идея може да намери приложение за определяне на обемната активност на РБГ в място и условия, когато измерването в момента е невъзможно, т.е. пробите да се пренесат в лаборатория без загуба от десорбция.

Експериментално е доказана валидността на нов теоретичен модел, описващ процесите на сорбция и десорбция на РБГ в поликарбонати. Този модел, в чиято разработка участва и докторантът, позволява пресмятането на абсорбираната активност и разпределението ѝ в поликарбонат. Това е съществено за независимостта на поликарбонатния метод от условията на измерването като температура, влажност и налягане.

Показано е експериментално, че поликарбонатният метод е приложим за измерване на  $^{85}\text{Kr}$  във води. Засега количеството на  $^{85}\text{Kr}$  в ядрените центри се определя чрез проточни пропорционални броячи, техника, която е доста по-сложна от него.

На базата на теоретичния модел докторантът разработва компютърен код, който позволява пресмятания с контролирана точност. Той извежда и теоретичен израз за грешката при пресмятанията. С този код е направена оценка за минимално детектируемата активност за  $^{133}\text{Xe}$  във въздух чрез измерване с поликарбонатния метод и чрез гама-спектрометрия.

Друг принос на докторанта е разработването на метод, с който се определя коефициентът на разпределение и/или дължината на дифузия в поликарбонати. С този метод е определен ефективният коефициент на дифузия на  $^{222}\text{Rn}$  в различни полимерни материали в рамките на участието на групата в международно сравнение.

**Приложения в практиката и бъдеще.** Научните приноси от дисертацията на Страхил Георгиев са съществени за практическото приложение на дифузионните камери и най-вече на поликарбонатния метод. Резултатите от представената дисертация определено са съществена и необходима стъпка към по-нататъшни изследвания и приложения на методите за определяне активността на РБГ и разпространението ѝ в околната среда.

**Лични впечатления.** Личните ми впечатления от докторанта Страхил Георгиев, оформени от докладите му на семинари и на

предзащитата на дисертацията, са отлични: той е работлив и компетентен млад човек със способности за експериментална работа, както и свързаните с нея изчисления и създаване на компютърни кодове. Имал е интересни идеи, които е приложил в работата си. За мен той е напълно подготвен за самостоятелна научна работа.

**Оценка на публикациите.** В тази дисертация са представени 7 статии, от които на 2 от тях той е пръв съавтор, което е указание за основният му принос в тях. В другите 5 той е взел активно участие под ръководството на доц. Пресиянов. Изнесъл е три доклада на международни конференции, 2 в България и една в Испания. Тези доклади са публикувани в съответните материали от конференциите. 6 от статиите са публикувани в реномирани реферирани международни списания като NIM in Phys.Res. (3 статии), Rad. Meas. (2 статии) и Rad. Prot. Meas. (1 статия). Една статия е публикувана и в българското списание BgNS Transactions. Смятам, че тази продукция е повече от достатъчна.

Трябва също да се добави, че измежду тези публикации нито една не е била използвана в дисертацията на другата докторантка на неговия ръководител, д-р Ивелина Димитрова, която успешно защити дисертацията си през ноември 2011 г.

**Авторефератът отговаря ли на текста на дисертацията.** Авторефератът на дисертацията, написан на 39 страници, напълно отговаря на текста на самата дисертация.

**Въпроси и забележки.** Имам един въпрос към работата му по дифузионните камери за кумулативни измервания: има ли зависимост на калибровъчния коефициент на дифузионните камери от температурата и налягането?

Дисертацията е написана на добър български език, грамотно, много ясно и подробно е обяснено всичко. Дребните правописни грешки, главно в пунктуацията, са несъществени.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ:** Без колебание изразявам мнението си, че дисертацията на г-н Страхил Бойчев Георгиев отговаря напълно на критериите за образователната и научна степен „доктор” и препоръчвам на уважаемите членове на журито по ядрена физика, да му присъди тази степен.

15.05. 2012 г.

Рецензент:

Доц. д-р Ани Петрова Минкова  
ИЯИЯЕ- БАН/Физически факултет, СУ