

РЕЦЕНЗИЯ

от проф. д-р Димитър Василев Тонев, Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика, Българска академия на науките

на дисертационен труд, представен за присъждане на образователната и научна степен „доктор“ по научна специалност Радиофизика и физическа електроника, професионално направление 4.1. Физически науки

Дисертант: Иван Илков Илиев

Тема: Аерокосмически дистанционни методи за изследване на радиационната обстановка

1. Общо описание на представените материали

Представеният ми за рецензиране дисертационен труд на Иван Илков Илиев е посветен на изследване на възможността за въздушно гама-спектрометрично картографиране при използване на безпилотни летателни средства (БЛС) и рояци от малки спътници. В заобикалящия ни свят съществува радиация, предизвикана както по естествен път от Земята и Космоса, така и породена от човешка дейност. За да запазим живота и здравето на хората, както и за да сме информирани за средата, в която работим и живеем, е необходимо да провеждаме непрекъснат радиационен мониторинг на околната среда. През последните 150 години хората все повече съзнателно използват източници на йонизиращи лъчения в своя живот, а това налага и по-строг контрол на употребата и разпространението им. Ще отбележа, че при съвременната нуклеарна медицина дори се инжектират радиоактивни изотопи в човешкото тяло с цел диагностика и/или лечение на туморни и множество други тежки заболявания.

Поради широката употреба и разпространение на източници на йонизиращи лъчения в съвременния свят дисертационният труд на колежата Иван Илков Илиев е изключително актуален. Не винаги е възможно да се достигнат бързо местата, които подлежат на изследване за наличие на радиация, като често това представлява и сериозна опасност за здравето и живота на хората, които провеждат изследванията. Тежък пример за това са аварията в Чернобил през 1986 година и във Фукушима през 2011 година.

Подходът да се използват безпилотни летателни средства за радиационни измервания е изключително перспективен, а с увеличаване на броя на експериментите стана все по-надежден и точен. Реализирането на този метод в живота изисква познания в различни области на науката, което прави подходът труден за използване. Поради тази причина намирам темата на дисертационния труд, представен ми за рецензиране, за значима. Развитието на метода за въздушно гама-спектрометрично картографиране при използване на безпилотни летателни средства е задължително да се осъществи, тества и развие навреме, за да може да бъде използван при аварийни ситуации, а не да се тества по време на такава ситуация. Темата на дисертацията е в пресечната точка на изключително актуални области от съвременната експериментална ядрена физика, радиофизика, електроника, съчетано и с използването на БЛС.

През последните години БЛС намират широко приложение в живота ни. Тяхното използване за радиационен мониторинг е отлична идея, която гарантира и безопасно и надеждно изследване. От друга страна в ядрената физика непрекъснато се подобряват характеристиките на системите за детектиране на частици и гама кванти, което прави представеният дисертационен труд актуален и съвременен звучащ.

В статията, под печат в *Bulgarian Chemical Communications*, е представен метод за въздушно гама-спектрометрично картографиране. Този нов подход е разработен основно от докторант Илиев и по-късно е използван от него за конкретни измервания.

В дисертацията са докладвани и конкретни резултати от експерименти по картографиране от въздуха с пилотируеми и БЛС, сравнени са и характеристиките на различни типове детектиращи системи. В последните глави от дисертацията са представени конкретни резултати и идеи за развитие на нови технологии, свързани с изследвания по темата в Космоса.

Дисертационният труд е в обем 179 страници и съдържа 74 фигури и 12 таблици. Цитираната литература включва 186 библиографски източника. Резултатите са представени в 9 научни публикации.

Представените материали включват дисертация и автореферат на хартиен носител и в електронен вид. В електронен вид са представени всички документи, които се изискват, за да се допусне докторантът до защита.

Всички публикувани научни материали са свързани с дисертацията. Редуциране на публикациите не се налага и всички представени материали се приемат за рецензиране.

2. Основни научни и научноприложни приноси

Дисертацията съдържа увод, 8 глави, заключение, списък на използваните публикации, благодарности и списък на използваната литература.

Уводът обосновава накратко актуалността на разглежданите проблеми. Докторантът мотивира нуждата от гама-спектрометрично картографиране чрез използване на пилотируеми и безпилотни летателни средства. Тук следва да отбележа, че на заглавната страница е необходимо докторантът да посочи каква дисертация защитава и в коя област от науката.

Глава първа има обзoren характер и представя различните видове йонизиращи лъчения. Представени са подробно и детектори за регистрация на различни типове частици и гама-лъчение. Представени са различни подходи за запис и обработка на данни от спектрометрични измервания. В тази глава са въведени и мерните единици, използвани при проведените експерименти. Прави добро впечатление лаконичният и точен начин на представяне. Докторантът представя и начина за определяне на грешките, които отчита при измерванията. В тази глава е представен и експеримент за измерването на гама-лъчение при покрити източници. Тук имам два въпроса към докторанта. **Първият от тях е:** При газонапълнен детектор наблюдава ли се лавинен ефект и на какво се дължи усилването при този тип броячи? **Вторият ми въпрос е:** какви видове грешки при измерване на физически величини познава докторантът и кои от тях е използвал в изследването. Защо при представяне на експериментални стойности в табличен или графичен вид тези грешки не са показани?

В глава втора се въвеждат основните характеристики при калибриране на гама-спектрометрична система. Въведени са видовете калибриране. Представени са изчерпателно изискванията към еталоните за активност, използвани при калибриране на спектрометричната система. Отчетен е фактът, че точното калибриране е основен фактор за надеждно измерване.

В трета глава е описано спектрометрично гама-картографиране от въздуха с пилотируеми летални средства – хеликоптери. Мнението ми е, че в тази глава ясно е

демонстриран интердисциплинарния характер на представените измервания. В един и същ експеримент са използвани сцинтилационни детектори, монтирани на хеликоптер и с тях при полет е картографиран набелязания район. Похвално е, че докторантът е участвал при цялата процедура по калибриране, монтиране на детекторите, при самия полет и анализа на данните. Такъв тип измервания не са тривиални за изпълнение и получените резултати са представени във вид, сравним и читаем в стандартите, зададени от МААЕ. В ядрената физика много често възниква проблем при четенето на данни. В различните ускорителни лаборатории се използват различни формати за запис на данни и след това при опит за четене на тези данни се губят събития или се въвеждат несъществуващи такива. Предимство на представеното измерване е, че софтуерът на преносимия компютър позволява да се следи потокът от данни в реално време, както и че са въведени аларми при надвишаване на определен праг на мощност на дозата.

В случая, освен подготовката и калибрирането на спектрометричната система, докторантът е съобразил и направлението на профилите на облитане, височината и скоростта на полета. Калибровката на системата за детектиране изисква специални умения, за да се гарантира надеждността на получените данни, с каквито умения докторантът разполага. За да е коректно проведено картографиране е нужно да се определи и фона, който да се извади от натрупаните данни. Въведени са четири компоненти на фона и всяка от тях е дискутирана в текста.

Като краен резултат са представени множество карти, илюстриращи концентрациите на наблюдаваните радиоизотопи, изчислените дози и точките, показващи местоположението и активността на точковите източници.

Този тип изследвания са особено важни и препоръката ми е докторантът да продължи да работи по тази тематика с цел прецизиране на метода за измерване.

Тук **въпросът** ми е кои са факторите, обуславящи неточностите при картографиране за този метод на измерване и какви подобрения биха могли да се направят при анализа на данни?

В глава **четвърта** са представени данни за различни видове БЛС и са направени сравнения на техните характеристики. Ще направя забележка, че в научен труд по физика не е прието да се представят в детайли изделията на различни търговски компании. Ценното на тази кратка по съдържание глава е, че са обсъдени възможностите за използване на БЛС за измерване на радиационната обстановка на различни терени.

В **пета глава** на дисертацията е представен експеримент по гама-картографиране с БЛС. В началото на представянето са дефинирани целите, които са поставени за решаване с този експеримент. Обсъден е изборът на конкретен детектор и подходящото БЛС. Ще отбележа авторския принос при разработването на електрониката за управление на детекторната система. В тази глава докторант Илиев би могъл и в по-големи детайли да опише работата, която сам е свършил, за да направи работеща тази електроника. Добре е описана подготовката на полета, изготвянето на летателен план и калибрирането на системата. Провеждането на такъв тип експеримент изисква сериозна предварителна подготовка и тя е описана добре в дисертацията. Подчертана е ролята да всеки детайл, както и фактът, че калибровката непосредствено преди експеримента е задължително условие за надеждно измерване по-късно. Дискутиран е изборът на модел за изследване на открито замърсяване. Получени са карти, илюстриращи мощността на дозата за случаи на известни радиоактивни източници. Дискутирана е и неопределеността при проведеното измерване. Тук имам две препоръки – да се изписват грешките при експериментално определени величини, както и коректно да се изписват уравненията, описващи грешката.

В глава 6 е представен детайлно експеримент за гама-спектрометрично изследване с БЛС. По подобие на предходната глава са дефинирани целите, поставени в този експеримент, както и избора на детектор и БЛС. Описана е подготвителната дейност за доброто изпълнение на експеримента и използваната електроника. Подробно е описано провеждането на експеримента в различните етапи. Както сам докторантът отбелязва, провеждането на множество експерименти по-рано и натрупаният опит съществено са допринесли за значителното разширяване на зоната на изследване.

Проведен е и допълнителен полет след приключване на предварителния анализ на данните с цел позициониране над източника на активността и прецизно определяне на радиационното замърсяване. При представените резултати ще отбележа спектъра над точковия източник, на който ясно се виждат пикове от ^{137}Cs , ^{60}Co и ^{40}K . Сериозна препоръка към докторанта е в бъдеще да се представят повече такива спектри. Ясната идентификация в спектроскопията става именно с такъв тип спектри.

Резултатите, представени в тази глава, са илюстрация на приложимостта на метода, предложен от докторанта.

Тук имам **следния въпрос**: Как намалява скоростта на броене за точков източник, по експонента или обратно пропорционално на квадрата на разстоянието?

Мнението ми е, че представените резултати до глава 6 са достатъчни за дисертация.

В глава седма са представени резултати, които биха намерили приложение във военната индустрия. При този тип изследвания на докторанта и неговия ръководител очевидно предстои много работа, за да се достигне до решения, приети от индустрията.

В глава 8 са представени идеи за бъдещо развитие на предлаганата от докторанта и ръководителя му тематика, за използването на рояци от спътници за гама-спектрометрия.

3. Критични бележки и препоръки по представените трудове

Ще отбележа, че в дисертацията има неточности при изписване на уравнения, неточности в текста, както и множество правописни грешки. На страница 12 е написано, че неутронът е елементарна частица, в действителност неутронът и протонът са съставени от кварки. Като цяло при писане на текст на дисертация за придобиване на образователна и научна степен „доктор“, авторът е длъжен да използва точен подход при писане и да не използва разговорни форми. Такива има доста в текста и препоръчвам да бъдат коригирани преди дисертацията да придобие окончателен вид.

Всички тези забележки и препоръки не намаляват стойността на представената за рецензиране дисертация.

4. Преценка на публикациите: брой, характер на изданията (международни и национални). Отражение в науката - използване и цитиране

Представеният дисертационен труд се основава на , 9 публикации. Публикацията „Implementation and calibration of a system for air-borne gamma spectrometry survey and mapping” в Bulgarian Chemical Communications е с импакт фактор и в нея докторант Илиев е единствен автор. Публикацията е приета за печат. Статията „Characterization and modeling of gradient-carbon absorber layers suitable for radar cross section reduction of UAVs, IEEE Xplore, 2018 PIETS 2017 е отпечатана в списание с SJR фактор. Публикациите в Bulgarian Journal of Physics и Годишника на СУ „Св. Климент Охридски“ също са в реферирани и стойностни издания.

В този обем, публикационната дейност на кандидата изпълнява изискванията на Физическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“ за докторска дисертация.

5. Характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертацията

Материалът, върху който е изградена дисертацията, е базиран на експерименти, проведени в интердисциплинарна област, която се развива много бързо. Експериментите са проведени във водещи научни институции в България, МААЕ и Европа. Съавтори на статиите на колегата Илиев са водещи учени, както в областта на радиофизиката, електрониката, така и в комуникационните технологии. Достоверността на материала се потвърждава също така от отпечатаните реферирани публикации и доклади на международни конференции. Не остава съмнение за високата научна стойност на представените резултати.

6. В каква степен дисертационният труд и приносите представляват лично дело на дисертанта?

Ще отбележа специално, че в три от представените публикации докторантът е единствен автор, включително тази в Bulgarian Chemical Communications. В останалите е съавтор с научния си ръководител или с малък брой други съавтори. В осем от деветте публикации е първи автор. Искам специално да отбележа, че експериментите по ядрена физика са трудоемки, изискват усилията на много специалисти от различни професионални области и на практика в наши дни не могат да се осъществят от един човек.

Като учен, работещ в областта на ядрената спектроскопия, мога да кажа, че е изключително сложна и трудна задачата да се планира и проведе успешно един интердисциплинарен експеримент като описаните в дисертацията. Изключително трудна задача, която при това изисква много време и най-вече знания.

7. Авторефератът направен ли е съгласно изискванията, правилно ли отразява основните положения и научните приноси на дисертационния труд?

Научните приноси на автора са описани коректно в дисертационния труд и в автореферата. Авторефератът, в обем от 74 стр., отразява точно съдържанието на дисертацията и отговаря на изискванията.

8. Лични впечатления

Дисертационният труд показва задълбочени познания на докторанта в областта на експерименталната ядрена физика, радиофизиката, електроника, както и по безпилотни летателни средства. Оценявам високо факта, че докторантът работи самостоятелно и има участие във всички етапи на работа, а именно планиране, подготовка и провеждане на експериментите. От разговори с научния му ръководител и с него стана ясно, че той е разработил и необходимата за експериментите електроника. Отчитам и факта, че самостоятелно е писал дисертационния си труд.

Оценявам способността на дисертанта да прилага творчески тези знания в изследователската работа, в резултат на което са получени съществени нови резултати за ядрената спектрометрия. Личните ми впечатления от дисертанта са за един отговорен и трудолюбив млад учен.

9. Заключение с ясно становище да се даде или не научната степен

Въз основа на гореизложеното, смятам, че дисертационният труд „Аерокосмически дистанционни методи за изследване на радиационната

обстановка” е написан и съответства по форма и съдържание на изискванията за дисертация за придобиване на образователната и научна степен "доктор" по научна специалност Радиофизика и физическа електроника, професионално направление 4.1. Физически науки. Отчитайки приносите на дисертанта, препоръчвам на членовете на уважаемото научно жури да присъдят образователната и научна степен “доктор” на Иван Илков Илиев.

София, 17.10.2019 г.

Рецензент:

проф. д-р Димитър. Тонев