



РЕЦЕНЗИЯ

от проф. д-гн Красимир Иванов Иванов - катедра „Обща химия“ на Аграрен университет – Пловдив (сега пенсионер), на дисертационен труд за присъждане на образователната и научна степен „доктор“

Със заповед № РД-16-809 от 29.06.2026 г. на Ректора на Аграрен университет – Пловдив (АУ) проф. д-р Боряна Иванова съм определен за член на научното жури за осигуряване на процедура за защита на дисертационен труд на тема *„Фиторемедиация на замърсени с тежки метали почви с растения от семейство Asteraceae“* за придобиване на образователната и научна степен „доктор“ в област на висше образование: 4. Природни науки, математика и информатика, професионално направление: 4.4. Науки за земята, научна специалност: Екология и опазване на екосистемите.

Авторът на дисертационния труд Мария Радкова Ихтярова е докторантка задочна форма на обучение към катедра „Химия, фитофармация и екология и опазване на околната среда“ при Факултета по растителна защита и агроекология на АУ с научени ръководители проф. д-р Виолина Ангелова и доц. д-р Стефан Кръстев.

1. Общо представяне на получените материали

Представеният от докторантката комплект материали е в съответствие с чл. 48 (1) от Правилника за прилагане на Закона за развитие на академичния състав в АУ. Написан е на 148 страници и съдържа 21 таблици и 11 фигури. Цитираната литература включва 234 източника на латиница и 7 на кирилица. Авторефератът е написан на 41 страници и коректно отразява извършената работа и получените резултати.

Кандидатите за придобиване на ОНС „доктор“ трябва да отговарят на минималните национални изисквания, регламентирани в ППЗРАСРБ и коригирани с ПМС № 26 от 13.02.2019 г. АУ не е регламентирал допълнителни изисквания за придобиване на ОНС „доктор“. От представения от докторант Ихтярова списък с публикации се вижда, че тя превишава минималните изисквания за получаване на претендираната ОНС.

2. Кратки биографични данни на кандидата

Докторант Ихтярова има богата професионална биография и научна и професионална квалификация в широк кръг дейности от професионалното направление 4. Науки за земята. През 2004 г. е завършила Лесотехнически университет – София, със специалист „Еколог“, ОКС бакалавър и квалификация „Екология и опазване на околната среда“, а през 2010 г. е придобила и квалификация „Инженер по горско стопанство“, степен ОКС бакалавър, в същия университет. През 2007 г. е получила магистърска степен по „Екология и опазване на околната среда“ в БДУ „Проф. д-р Асен Златаров“. Професионалната и квалификация включва разнообразни дейности: лесничей (планиране и отчет на горскостопанската дейност), инженер-проектант (разработване на лесоустройствени проекти горскостопански планове) и учител практическо обучение в ПГСГСТ „Никола Йонков Вапцаров“, гр. Чепеларе. През 2017 г. е зачислена за задочен докторант към катедра „Химия, фитофармация и ЕООС“. През 2023 г. е отчислена с право на защита.

Нямам лични впечатления от работата на докторантката и оценката ми се базира единствено върху резултатите от предложения дисертационен труд.

3. Оценка на дисертационния труд

Темата на предложения от докторантката дисертационен труд е продължение на традиционните за катедра „Химия, фитофармация и ЕООС“ на АУ изследвания върху фиторемедиационни и фитостабилизационни техники. Формулираните седем изследователски задачи са логично следствие от направения литературен обзор и са подчинени на крайната цел *да се* извърши комплексна оценка на поведението на тежките метали Pb, Cd и Zn в системата „почва – растение – етерични масла“ при условия на техногенно замърсяване чрез изследване на тяхната бионаличност в почвата, акумулация и транслокация в растенията, оценка на фиторемедиационния потенциал на изследваните видове и анализ на влиянието им върху химичния състав, качеството и безопасността на получаваните етерични масла.

Актуалността на такива изследвания е безспорна и те са определени като приоритетно направление в редица национални документи и документи на ЕК. От началото на 2020 г. в България беше наложен нов прочит на тези документи и проблемите с опазването на околната среда и решаването им са водещи новини в информационния поток.

Литературният обзор условно може да бъде разделен на две части и включва 307 литературни източници с акцент върху последното десетилетие. В *първата част* е направен анализ на проблемите, свързани със замърсяването с тежки метали върху опазването на околната среда и потенциалните здравословни проблеми. Направен е задълбочен преглед на източниците на замърсяване с тежки метали, включително в България. Специално внимание е отделено на бионаличността на тежките метали като ключова характеристика, която определя тяхното екологично поведение и степента на въздействие върху живите организми и връзката почва-растение-краен продукт.

Втората част на литературния обзор е посветен на фиторемедиацията като биологично базиран подход за управление, ограничаване и възстановяване на замърсени почвени, водни и седиментни екосистеми. Обърнато е внимание на растителения отговор към тежкометално замърсяване и класификацията на растенията според акумулацията и толерантността към тежките метали с акцент върху хиперакумулаторите. Анализът на известното в научната литература за растенията от семейство *Asteraceae* показва, че представителите на това семейство се отличават с висока екологична пластичност, добра адаптивност към условия на тежкометално замърсяване и наличие на видове с икономическо значение, което е достатъчен аргумент за извършените в дисертацията изследвания.

Анализът на най-новите литературни източници е довел до логичния извод за необходимост от *интегриран подход*, обединяващ почвеногеохимичните характеристики на замърсената среда, особеностите на акумулацията и разпределението на металите в растенията и промените в състава на вторичните растителни метаболити. Този извод е добре защитен с реализирания подход при разработването на дисертацията и е довел до забележимо надграждане в качеството на научните изследвания в катедра „Химия, фитофармация и ЕООС“ в това направление.

Експерименталният дизайн включва моделна система за изследване на поведението на тежките метали в системата „почва–растение–краен-продукт“ при условия на реално индустриално замърсяване в района на КЦМ – Пловдив. Избрани са два експериментални участъка, разположени в непосредствена близост една до друга и до източника на замърсяване, характеризиращи се със сходни географски, климатични и агроэкологични условия, но с различна степен на замърсяване с Pb. Идеята е да се направи сравнителен анализ на поведението на тежките метали и растителния отговор при различни нива на индустриално натоварване, като се минимизира влиянието на външни фактори. Тази идея в известен смисъл е компрометирана с недостатъчно добре аргументирания избор на растенията, отглеждани върху почва 1 и почва 2. Контролният участък е достатъчно отдалечен и предварителните изследвания показват, че не е обременен с допълнително замърсяване. Избраните представители на семейство *Asteraceae* (Сложноцветни) *Achillea millefolium* L. (бял равнец), *Artemisia absinthium* L. (бял пелин), *Artemisia dracuncululus* L. (естрагон), *Tanacetum balsamita* L. (калоферче) и *Tanacetum vulgare* L. (вратига). се характеризират със способността си да се развиват в условия на техногенно натоварени местообитания и да акумулират различни количества тежки метали в надземната и подземната биомаса, което ще позволи оценка на видовоспецифичните реакции към индустриалното замърсяване.

Експериментите са извършени в съответствие с общоприетите правила за повторяемост и представителност. При пробовземането, пробоподготовката и аналитичните измервания са използвани утвърдените в практиката ISO стандарти. Прави впечатление широкото използване на съвременни аналитични методи наред с класическите методи, утвърдени в акредитираните лаборатории. Минералният състав на почвите е определен чрез рентгенофазов анализ (XRD) като са използвани референтни данни от международни бази (ICDD – PDF). При определяне на общото съдържание и подвижните (бионалични) форми на тежките метали в почвата са използвани атомно-абсорбционна спектрометрия (AAS) и/или индуктивно-свързана плазмена оптична емисионна спектрометрия (ICP-OES). Освен съдържанието на Pb, Cd и Zn е определено и съдържанието на основните макро- (Ca, Mg, K и P) и микроелементи (Fe, Mn, Cu). При анализа на растителния материал за тежки метали (Pb, Cd и Zn), микроелементи (Fe, Mn и Cu) и макроелементи (Ca, Mg, K и P) са използвани същите техники. Аналитичният цикъл завършва с изолиране и анализ на етеричните масла, при което е използвана хидродестилация с апарат на Clevenger и газова хроматография, съчетана с маспектрометрия (GC-MS), AAS и ICP-OES.

При оценката на бионаличността на тежките метали, степента на замърсяване на почвите и потенциалния трансфер на Pb, Cd и Zn от почвената среда към растителния организъм и последващата им акумулация в различните растителни органи са използвани комбинирани показатели, включващи бионаличната фракция на металите и набор от широко прилагани геохимични и биологични индекси (Коефициент на бионаличност, Коефициент на замърсяване (CF), Геоаккумуляционен индекс (I_{geo}), Индекс на натоварване (PLI), Индекс на замърсяване на Nemerow (NPI), Биоконцентрационен фактор (BCF), Транслокационен фактор (TF) и Коефициент на обогатяване (EF – Enrichment Factor). Комбинираното използване на бионаличната фракция, CF, I_{geo} , PLI, BCF, TF, BAC и EF е позволило коректна оценка на степента на почвено замърсяване, анализ на

потенциалния трансфер на тежките метали към растенията и в крайна сметка добре аргументирана оценка на фиторемедиационното поведение на изследваните растителни видове. В тази част според мен е най-същественото надграждане на досега извършваните изследвания в АУ в това направление.

За оценка на надеждността, възпроизводимостта и значимостта на получените резултати, както и за анализ на зависимостите между показателите в системата „почва – растение – етерично масло“ е направен статистически анализ с подходящи статистически методи.

Получените резултати дават отговор на всички въпроси, поставени в литературния обзор, направените изводи и формулираните цели и задачи. Най-общо те могат да бъдат групирани в 3 групи:

1. Аналитични резултати:

А. Почвени проби: Направен е детайлен анализ на почва 1 и почва 2 в почти всички възможни аспекти. Представените в таблици 4.1.1. и 4.1.2. резултати водят до заключението, че почвите са алувиално- и делувиално-ливадни, формирани върху карбонатни наносни материали с доминиращото присъствие на калциеви и магнезиеви катиони в почвения сорбционен комплекс. Неутралната до слабо алкална реакция, наличието на карбонати, органично вещество и Fe–Mn оксиди формират значителен геохимичен буферен капацитет, който ограничава мобилността на тежките метали и благоприятства тяхното дългосрочно задържане в почвената система. Представен е огромен масив от данни, което затруднява интерпретацията на резултатите. Според мен някои от тях, свързани с ролята на микро- и макроелементите в почвата са изключително интересни и полезни, но не допринасят съществено за аргументиране на направените изводи и натоварват основната идея с ненужни детайли. Взаимодействието между макро- и микроелементите с тежките метали в почвата и в органите на растенията, както и ролята им в стресовата компенсация, може да бъде добра основа за отделна дисертация, в която да бъде засилен и физиологичния аспект.

Б. Растителни проби: В таблица 4.2.1. е представено съдържанието на Pb, Cd и Zn в органите на изследваните растителни видове. Сравнителният анализ показва ясно изразена градация в поведението на Pb, Cd и Zn по отношение на подвижност, бионаличност и физиологичен ефект върху растенията. Ясно се открояват различията в натрупването на елементите в отделните растителни органи, което показва наличието на ясно разграничими модели на поведение по отношение на подвижност, акумулационен потенциал и физиологично въздействие като резултат от видовоспецифичните механизми за усвояване, транспорт и детоксикация. Видовият анализ ясно разграничава акумулаторните видове (*Artemisia absinthium* (бял пелин) и *Achillea millefolium* (бял равнец)) от *Artemisia dracunculus* (естрагон), който се характеризира с ограничено натрупване и пренос на металите към надземните органи. В таблица 4.2.2. е представено доминиращото натрупване на Pb, Cd и Zn в органите на растенията, което е позволило класифицирането им като акумулатор (*Artemisia absinthium* (бял пелин), селективен акумулатор (*Achillea millefolium* (бял равнец), междинен тип (*Tanacetum vulgare* (вратига) и *Tanacetum balsamita* (калоферче) и ограничаващ тип (*Artemisia dracunculus* (естрагон).

Ясно очертано е и органоспецифично и видовоспецифично усвояване на макро- и микроелементите (таблици 4.2.3. и 4.2.4.). Установено е, че за разлика от листата стъблата не представляват основно депо за токсични елементи.

В. Цветове и етерично масло: Етеричните масла представляват специфична растителна матрица, при която съдържанието на тежки метали не е пряка функция от тяхното съдържание в растителната суровина. Това е видно от получените резултати, които показват ясно изразен контраст между високите концентрации на Pb, Cd и Zn, установени в корени, листа и цветове на изследваните растителни видове и многократно по-ниските стойности, определени в съответните етерични масла. Дадено е и аргументирано обяснение на наблюдаваните факти за всеки от елементите, което е важен фармакологичен и практически резултат и един от основните аргументи за полезността на изследването.

2. Анализ и интерпретация на аналитичните резултати: Използваната модерна и надеждна аналитична апаратура дава основание да приемем получените резултати с пълно доверие. Интерпретацията на резултатите е направена задълбочено и показва много добро познаване на научната литература. Сложността на биологичните процеси винаги оставя отворени врати за допълнителни въпроси и очаквам колегите да надградят получените резултати с включването и на физиолог, най-малкото при интерпретацията на резултатите.

3. Изводи и заключения:

Получените резултати са позволили на авторката на дисертацията и нейните ръководители да формулират 9 извода в три основни направления:

1. *Почвите в района на КЦМ – Пловдив:* В това направление едва ли може да се открие нещо неизвестно предвид огромния брой изследвания на района. Тези изследвания обаче са абсолютно необходими за коректната интерпретация на резултатите и оценка на потенциалния трансфер в системата „почва – растение“.
2. *Растения:* тези изследвания имат напълно оригинален характер и показват органоспецифична акумулация на Pb, Cd и Zn при изследваните видове от семейство *Asteraceae*, като корените функционират като основна бариерна структура, а листата и цветовете – като основни акумулационни органи. Установено е, че натрупването на тежки метали в растителната биомаса не води до съществено повишаване на съдържанието им в етеричните масла и не променя хемотипната им принадлежност, а единствено води до количествени изменения в терпеновия профил,
3. *Фиторемедиационен потенциал:* Установено е, че изследваните видове заемат различни позиции по градиента между висок акумулаторен потенциал и ограничено натрупване на метали. *Artemisia absinthium* (бял пелин) се характеризира с най-висок акумулационен потенциал, *Achillea millefolium* (бял равнец) – с междинно поведение, представителите на род *Tanacetum* (калоферче и вратига) – с преобладаващо задържане на металите в кореновата система, а *Artemisia dracunculus* (естрагон) – с ефективно ограничаване на усвояването и натрупването на тежки метали.

Приносите на дисертационния труд са *безспорни*, като някои от тях имат пионерен характер за България и могат да бъдат обобщени в две групи:

1. *Научни приноси*: Обогащаване на научните знания за растенията от семейство Asteraceae чрез прилагане на системен подход на изследване. Разработена е функционална класификация на изследваните растителни видове според способността им за усвояване, транслокация и акумулация на тежки метали.
2. *Приложни приноси*: Установено е, че *Artemisia absinthium* (бял пелин) и *Achillea millefolium* (бял равнец) показват потенциал за приложение във фиторемедиационни технологии при почви, замърсени с Pb, Cd и Zn, като е оценена безопасността на етеричните масла, добити от растенията при отглеждане в условия на тежкометално замърсяване. Очаквам тези приноси да доведат до широк отзвук в научната литература, да се надяваме, и в ремедиационната практика.

4. Оценка на личния принос на кандидата

Публикационната активност на докторантката включва 5 публикации в пълен текст, 4 от които излезли от печат (2 с кuartил Q4). Петата публикация е приета за печат и също е с кuartил Q4 (Scientific Papers. Series E. Land Reclamation, Earth Observation & Surveying, Environmental Engineering, Vol. XV, 2026), В две от публикациите тя е първи автор, а в 3 – втори. За две от публикациите (в едната Ихтиярова е първи автор) са забелязани общо 5 цитата, 4 от тях от чужди автори.

Докторант Ихтиярова е участвала в 3 научни форуми, на които са представени части от дисертационния труд. Всичко това ми дава основание да приема, че приносът и в разработването на дисертацията, описването и интерпретацията на резултатите, както и оформянето им като научни публикации, е съществен.

5. Критични бележки и препоръки

Считам, че по обем, обосноваост и изпълнение на експериментите и оригиналност на резултатите предложеният материал надхвърля изискванията за получаване на ОНС „доктор“. Препоръчвам на докторантката и научните и ръководители да са по-прецизни при планирането на експериментите. При бъдещи изследвания с акцент върху взаимодействието между макро- и микроелементите с тежките метали и физиологичния стрес при голямо тежкометално натоварване е необходимо да се обърне повече внимание на фоновите проби.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представеният ми за рецензия дисертационен труд отговаря на всички изисквания на Закона за развитие на академичния състав в Република България, Правилника за прилагане на ЗРАСРБ и Правилника на АУ и по обем и качество на изследванията надхвърля общоприетите критерии. Убеден съм, че разработването му е помогнало за изграждането на докторант Ихтиярова като самостоятелен научен работник, способен да получава, анализира и представя оригинални научни резултати. Това ми дава основание да дам положителна оценка на проведеното изследване и убедено да предложа на почитаемото научно жури да присъди образователната и научна степен „доктор“ на Мария

Радкова Ихтярова в област на висше образование: 4. Природни науки, математика и информатика, професионално направление: 4.4. Науки за земята, научна специалност Екология и опазване на екосистемите.

05.08.2026 г.

**Подписите в този документ са
заличени
във връзка с чл.4, т.1 от
Регламент (ЕС) 2016/679
(Общ Регламент относно
защитата на данни).**