**РЕЦЕНЗИЯ**

на дисертационен труд за придобиване на **ОНС „доктор“**,

в **Област на висше образование:** 4. Природни науки, математика и информатика,

**Професионално направление:** 4.4. Науки за земята,

**Докторска програма:** Технология за пречистване на води

**Автор на дисертационния труд:** маг. инж. Пламен Тодоров Цветков

**Тема на дисертационния труд:** „Приложение на пасивни технологии за пречистване на повърхностни руднични води“

**Член на научното жури:** доц. д-р инж. Силвия Игорова Лаврова-Попова - ХТМУ

# Основание за изготвяне на рецензията

Настоящата рецензия е изготвена в изпълнение на Заповед № Р-РД-15-1 от 10.01.2025 г. на Ректора на МГУ „Св. Иван Рилски” за назначаване на Научно жури за провеждане на публична защита на дисертация на тема „Приложение на пасивни технологии за пречистване на повърхностни руднични води“, представен от маг. инж. Пламен Тодоров Цветков, редовен докторант към катедра „Инженерна геоекология”, отчислен с право на защита за присъждане на ОНС “доктор” по докторска програма „Технология за пречистване на води", професионално направление 4.4. Науки за земята и Решение на заседание на Научното жури, проведено на 16 януари 2025 г.

# Общи сведения за процедурата и представените материали

Рецензията е изготвена въз основа на следните документи: 1) Протокол №8/13.12.2024 от заседанието на разширен катедрен съвет на катедра „Инженерна геоекология”; 2) Заповед № Р-234/23.02.2015 г. на Ректора на МГУ за зачисляване; 3) Заповед № Р- 222/28.02.2020 г. на Ректора на МГУ за отчисляване; 4) Удостоверение ССПМ № 374-2024 от 14.01.2025 г. за положени изпити по индивидуалния учебен план; 5) Заповед на Ректора на МГУ за състава на научното жури; 6) Дипломи за завършено висше образование; 7) Автобиография; 8) Дисертационен труд; 9) Автореферат на дисертационен труд; 10) Справка за приносите по дисертационния труд; 11) Списък на публикациите, свързани с дисертационния труд; 12) Декларация за оригиналност и достоверност на дисертационния труд.

Маг. инж. Пламен Тодоров Цветков е зачислен за редовен докторант по докторска програма „Технология за пречистване на води” през 2015 г. По време на своето обучение докторантът е положил успешно изпити по учебните дисциплини: „Пречистване на промишлени отпадъчни води“, „Биотехнологични методи в геоекологията“ и „Английски език“.

Дисертацията на маг. инж. Пламен Тодоров Цветков е представена на разширен катедрен съвет, проведен на 13 декември 2024 г., като след обсъждане тя е насочена към процедура за публична защита. Рецензията е изготвена в съответствие с изискванията на чл.6 (3) от ЗРАСРБ и чл.27 (1) от ППЗРАСРБ.

# Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем

Пасивните системи за пречистване на повърхностни води са част от устойчивото управление на водните ресурси. Те представляват екологично устойчиви технологии, които използват естествени процеси за подобряване на качеството на водите, без да се изискват активни човешки интервенции или енергийни разходи. Тези системи се използват за пречистване на повърхностни води, които са замърсени с различни видове вещества, като например потенциално токсични елементи и др.

Темата на дисертационния труд, а именно „Приложение на пасивни технологии за пречистване на повърхностни руднични води”, е в областта на Науки за земята и въпреки множеството научни изследвания на проблематиката за пречистването на руднични води, тя все още е много актуална и дисертабилна. Това се дължи на редицата фактори, оказващи влияние върху биохимичните процеси, които протичат в аеробна и анаеробна среда. Пасивните технологии намират множество специфични приложения благодарение на ниските оперативни разходи, екологична устойчивост, пълно или частично отстраняване на замърсители, дългосрочна и стабилна работа, гъвкавост и адаптивност към различни условия, нисък въглероден отпечатък и др. Осъществяването на адекватен контрол върху управляващите параметри и качествените показатели на изходните потоци са важни инженерни задачи. Всичко това определя актуалността и практическата насоченост на настоящия дисертационен труд.

# Степен на познаване състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал

В дисертационния труд е направен задълбочен литературен обзор върху механизмите на формиране и характеризиране на киселите руднични води, както и факторите, оказващи влияние върху тях. Описано е въздействието на киселите руднични води и в частност на тежките метали и радиоактивните елементи върху околната среда и човека. Обърнато е внимание на прогнозирането на възникване на кисели руднични води и са описани мерки за коригиране киселинното оттичане и минимизиране на замърсяването на водите. Детайлно е разгледан процесът на дисимилативна микробна сулфат-редукция и факторите, които му оказват влияние, както и съоръженията в които се осъществява. Представен е преглед на методите за отстраняване на тежки метали от кисели руднични води в условията на активни системи, както и използваните в практиката пасивни технологии за пречистване на този вид отпадъчни води. В резултат на проучването на световната литература, в експерименталната част са оформени три основни задачи в изпълнение на основната цел – мониторинг на реален минен обект, анаеробно и аеробно пречистване на кисели руднични води. С цел придобиване на представа какъв е състава на киселите руднични води, генерирани от реално действащ минен обект, е направено детайлно охарактеризиране, състоящо се в изследване на повърхностните и подземни води, на седиментите и генерирания минерален отпадък, както и определяне на геохимичните форми на тежките метали и металоиди. По-нататък в експерименталната работа е използвана синтетична отпадъчна вода, доближаваща се по състав на реалните кисели руднични води, генерирани от гореспоменатия минен обект. Анаеробното третиране на моделен разтвор на кисела руднична вода е осъществено в пасивна и семипасивна система, като семипасивното третиране е реализирано с добавяне на два различни по произход външни източници на въглерод и енергия – лактат и центрофугат от производството на биоетанол. Преди и след експериментите в тези системи са определени геохимичните форми на тежките метали и металоиди в субстрата, както и неговия химичен състав. По време на експериментите е проследена промяната на множество фактори, оказващи влияние върху пречиствателния процес. Полученото множество от данни е правилно интерпретирано. С цел допречистване на използваните в експериментите кисели руднични води са проведени експерименти в каскадна аеробна пасивна система, тип „влажна зона“, засадена с различни макрофити, за които е известно, че са способни да пречистват отпадъчни води. Последното стъпало от тази система от влажни зони е запълнена с природен зеолит, с което е постигнато окончателно минимизиране на концентрацията на потенциално токсичния елемент манган.

Дисертационният труд е в обем от 147 страници, включващи увод, 2 глави, изводи от проведените експерименти, научни и научно‐приложни приноси на дисертационния труд, използвана литература, списък на таблиците, списък на фигурите, списък на използваните абревиатури и означения и 1 приложение, в което са посочени научните публикации и участия в научни форуми и проекти през периода на обучение за придобиване на образователна и научна степен „доктор“ на маг. инж. Пламен Т. Цветков. Цитирани са общо 170 литературни източници, от които 157 са чуждестранни, а 13 - български. Почти всички са достъпни от Интернет. Работата е илюстрирана със 67 фигури и 35 таблици. Основните термини и определения са представени с техните съкращения и обозначения, които са изнесени в началото на дисертацията.

Дисертационният труд е в област, изискваща компетентност и притежаването на специфични познания в различни области като химия, биохимия, микробиология, екология, инженерство и др. Те са приложени при организирането, провеждането и анализа на проведените изследвания. Инж. Пламен Тодоров Цветков умело демонстрира висока степен на познаване на проблема, компетенции и знания, необходими за осъществяването на експерименталните изследвания, обработката и анализа на получените данни. По този начин той е повишил своята квалификация и се е изградил като научен работник, който демонстрира оригинално мислене и критично осмисляне на научни и научно-приложни въпроси.

# Съответствие на избраната методика на изследване и поставената цел и задачи на дисертационния труд с постигнатите приноси

Основната цел на настоящия дисертационен труд е да се изследва възможността за пречистване на кисели руднични води, генерирани от реален минен обект, съдържащи тежки метали (Fe2+, Cu2+, Zn2+, Cd2+, Mn2+), металоиди (As5+) и сулфати (SO42-) посредством приложението на пасивни технологии за третиране.

За реализиране на формулираната цел са решени следните задачи:

1. Избран и охарактеризиран е обект с потенциал за генериране на кисели руднични води на територията на страната и е проведен мониторинг по основни физикохимични и химични показатели на минерален отпадък, формирани повърхностни води, седименти и подземни води с цел изясняване на техните химични характеристики.
2. Изследвани са геохимичните форми и съдържанието на тежките метали и металоиди, съдържащи се в минния отпадък и седименти посредством процедура на последователна екстракция.
3. Изследвани са процесите на пасивно и полупасивно пречистване (с добавянето на външен въглероден източник) на кисели руднични води от тежки метали, арсен и сулфати в анаеробни условия посредством конструирана лабораторна инсталация тип пасивен биохимичен реактор.
4. Изследвано е влиянието на факторите температура и контактното време върху ефективността на микробната сулфат-редукция в условията на полупасивно третиране с добавянето на отпадъчни продукти от производството на биоетанол.
5. Изследвани са съдържанието и формите на тежките метали и металоиди, задържани в отработения субстрат от анаеробната инсталация за третиране на кисели руднични води и е установена разликата в химичния му състав преди и след експлоатация.
6. Изследвано е влиянието на видовия състав на водната растителност върху ефективността на аеробно пасивно пречистване на води, замърсени с манган.
7. Изследван е процеса на аеробно пасивно пречистване на изходящи води от анаеробен пасивен биореактор, замърсени с манган и желязо.
8. **Научно-приложени и приложни приноси на дисертационния труд**

Приемам заявените от кандидата научно-приложни и приложни приноси. Те отразяват основните резултати от научните изследвания в дисертацията.

Научно-приложни приноси и приложни приноси:

1. Установени са геохимичните форми и количеството на тежките метали и металоиди (As), съдържащи се в минен отпадък и седимент от реален минен обект чрез използване на процедура на последователна екстракция.
2. Доказано е, че генерирането на кисели руднични води оказва въздействие върху химичните характеристики на седиментите от замърсените райони, като съдържанието на тежки метали и арсен в тях би могло да се използва като критерий за оценка на интензивността на процесите на окисляване на сулфидните минерали.
3. Предложени са технологични схеми за ефективно анаеробно пасивно третиране на кисели руднични води и отстраняване на съдържащите се в тях тежки метали (Cu, Zn, Fe, Cd), металоиди (As) и сулфати, като е доказана и възможността за оползотворяване на течни отпадъчни продукти (центрофугат на отпадъчни продукти от производство на биоетанол) в условията на семипасивно третиране.
4. Получени са нови данни за геохимичните форми на тежки метали и арсена и формирането на сулфидни, карбонатни и сложни минерални комплекси в субстрат от съоръжение за анаеробно пасивно третиране чрез провеждане на последователна есктракционна процедура, XRD и SEM/EDS – анализи, като е установена и разликата в химичния състав на органичен субстрат преди и след експлоатация на анаеробен пасивен биореактор.
5. Получени са нови данни за възможността за приложението на природен немодифициран зеолит за отстраняване на остатъчни количества на манган в аеробни условия за допречистване на кисели руднични води, чрез инкорпорирането му като самостоятелно звено/стъпало в технологичните схеми за пречистване.

# Преценка на публикациите по дисертационния труд

Публикационната дейност на маг. инж. Пламен Тодоров Цветков покрива минималните изисквания към кандидатите за ОНС „доктор“. Представени са 3 публикации по дисертационния труд, от които една е публикувана в реферирано и индексирано списание в SCOPUS (SJR for 2023-2024: 0.19, Q3, H-index: 26, impact score for 2023 0.76, Rank 2023-2024: 20533), а останалите две са публикувани в специализирани научни издания, трудове от конференции и годишници под редакция с ISSN (*online*). Всички публикации съдържат резултати, които са представени в дисертацията. Това ми дава основание да приема, че част от резултатите от работата по дисертацията са станали достояние на научната общност у нас и в чужбина.

# Оценка на съответствието на автореферата

Авторефератът е разработен съгласно изискванията на ЗРАСРБ и отразява напълно съдържанието на дисертационния труд. Написан е на 58 страници. Освен съкратено представяне на дисертацията, авторефератът включва приноси, списък на публикациите по дисертационния труд, участия в научни форуми, участие в научно-изследователски проекти, цитати и резюме на английски език.

# Критични бележки и препоръки

Нямам забележки по извършените в дисертационния труд изследвания и анализи.

Към така представения дисертационен труд имам следните технически забележки:

1. Да се избягва последователното цитиране на много литературни източници (напр. на стр. 8: [2, 3, 4, 5]). Прави впечатление навсякъде в дисертацията, там където са цитирани по няколко поредни източника, че те всички са описани с последователна номерация, а не както е прието да се посочат само първия и последния цитат от поредицата, които да са разделени с тире, напр. [2-5].
2. Не става ясно дали фигури 5 и 16 са авторски или са заимствани от литературни източник.
3. На фигури 42 и 43 би било добре вместо конкретни дати на абцисата, да бъдат изписани само месеците, а заглавието на абцисата да бъде съответно „Време“ вместо „Дата“.
4. В Таблица 9 на първия и последния ред в третата графа не е упоменато значението на посочените в третата колона стойности – може да се предполага, че това е доза.
5. В стандартизацията е прието да се използва термина „вземане на проби“, а не „пробовземане“, който термин е заимстван от практиката.

Препоръчвам на кандидата да продължи своята научноизследователска работа в областта на пречистването на води и да публикува своите резултати в реномирани издания, които са реферирани и индексирани в световни научни бази данни.

Посочените критични бележки по никакъв начин не оказват влияние върху качеството на получените в разработката на маг. инж. Пламен Цветков Тодоров резултати. Дисертационният труд има завършен характер, отговарящ на изискванията.

Към докторанта маг. инж. Пламен Тодоров Цветков имам следните въпроси:

* Защо в каскадната инсталация са подбрани точно тези два вида макрофити - *Typha angustifolia* и *Phragmites australis*?
* Изследвана ли е възможността за употреба на центрофугата от производството на биоетанол в реална система за пречистване на кисели руднични води?

# Заключение и обща оценка на дисертационния труд

Дисертационният труд на маг. инж. Пламен Тодоров Цветков на тема „Приложение на пасивни технологии за пречистване на повърхностни руднични води“ **отговаря** на изискванията на ЗРАС в Република България и Правила и процедури за приемане и обучение на докторанти и придобиване на образователната и научна степен „доктор” и научната степен „доктор на науките” в Минно-геоложкия университет “Св. Иван Рилски” – София. Дисертацията съдържа обосновани и целенасочени научни изследвания, и разработки за постигане на заявената цел и формулираните задачи, както и оригинални научно-приложни и приложни приноси.

Считам, че поставената цел е постигната и давам **положителна** оценка на дисертационния труд.

Всичко това ми дава основание да предложа на уважаемото Научното жури да присъди **образователната и научна степен „доктор“ на маг. инж. Пламен Тодоров Цветков,** в Област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика, Професионално направление: 4.4. Науки за земята, Докторска програма: Технология за пречистване на води.

Дата: 05.02.2025 г. Рецензент:

гр. София /доц. д-р инж. Силвия Лаврова-Попова/