

# РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд на инж. Сотир Каменов Плочев на тема „Моделиране и разпространение на замърсители в зоната на противифилтрационна завеса“, в научна специалност “Системи и устройства за опазване на околната среда”, Професионално направление 4.4. Науки за Земята, за получаване на образователна и научна степен „доктор“

## 1. Кратка биографична справка

Сотир Каменов Плочев е роден на 18.03.1979 г. Той завършва Минно-геоложкия университет „Св. Иван Рилски“ през 2002 г. и придобива висше образование по специалността „Инженерна геология и хидрогеология“, магистър по Хидрогеология. От 2006 до сега работи в МГУ „Св. Иван Рилски“, като от 2010 г. заема длъжността асистент в катедра „Инженерна геоекология“.

Докторантът е автор и съавтор на 11 публикации в областта на екологията, засягащи и замърсяването на водите от минната дейност.

На основание чл. 23, ал. 4 и 5 от „Правила и процедури за приемане и обучение на докторанти в МГУ „Св. Иван Рилски““ докторантът е отчислен с право на защита на 13.07.2021 г.

## 2. Описание на приложените материали

Докторантът е представил необходимата документация по процедурата на настоящата защита, комплектована според изискванията на ЗРАСРБ и правилника му за прилагане в МГУ „Св. Иван Рилски““, в т.ч. дисертационен труд и проект за автореферат.

## 3. Актуалност на дисертационния труд

Генерирането на отпадъчни води е основен екологичен проблем, свързан с минното дело, преработването на минерални суровини и металургията. Основните източници на такива води са откритите рудници и подземните минни изработки, насипищата от минни отпадъци, отпадъците от преработването на минерални суровини, временни халди за съхраняване на сулфидни концентрати, както и богати на пирит въглищни и уранови рудници.

Една от възможностите за ограничаването на миграцията на замърсителите е използването на защитни противифилтрационни бариери. Тяхното поведение и ефект зависят както от геоложките и хидрогеоложките особености на средата, така и от техническите условия в изработките и съоръженията, източник на замърсяване, което налага по-детайлното им изследване.

В настоящия дисертационен труд е разгледан конкретен пример на противифилтрационна завеса, изградена в близост до хвостохранилище за минни отпадъци.

## 4. Цели на дисертацията

Основна насока на дисертационния труд е да се направи анализ на разпространението на замърсители типични за минно-добивната индустрия,

присъстващи в подземните и повърхностни води в зоната на противифилтрационна завеса, разположена след стена на хвостохранилище за минни отпадъци. При изследванията е посочен пример с находище "Челопеч".

За решаването на поставената задача са формулирани следните цели:

1. Да се направи характеристика на изследвания обект по отношение геология, хидрогеология, хидрология, климатични фактори и др.
2. Да се направи анализ на резултатите от екологичния мониторинг на повърхностни дренажни води за обекта в периоди преди и след поставяне на противо-филтрационната завеса.
3. Да се проучи и анализира, направената реализация на проекта на противо-филтрационната завеса в зоната на петата на хвостохранилище.
4. Да се изследва хидродинамиката на потока при преминаването му през материали с различни филтрационни свойства.
5. Да се направи анализ на математическия модел на разпространението на замърсителите в зоната на хвостохранилище за минни отпадъци и на тази база да се установи влиянието на противифилтрационната завеса върху миграцията на замърсителите.

## **5. Характеристика на дисертационния труд**

Дисертационният труд включва 9 раздела в т.ч. „Приноси“, „Литература“. Дисертацията се състои от 159 стр., в т.ч. 49 фигури, 37 таблици, 132 заглавия използвана литература.

Обект на изследване е част от площта на находище „Челопеч“, разположено в Златишко-Пирдопската котловина. Районът е разположен в основата на южните склонове на източната част на Етрополска Стара планина, като конкретно е разгледано хвостохранилище "Челопеч", като част от съоръженията към рудодобивното предприятие "Челопеч Майнинг ЕАД".

Обща информация за дисертацията и характеризиране на разглеждания район е представена в разделите **Увод**, **I. Актуалност на проблема**, **II. Цел и задачи**. В раздели I и II е направено кратко описание на състоянието на проблема, както и са поставени целите и задачите на дисертацията. Не са посочени примери показващи използването на противифилтрационни завеси в световната и българската практика. Това е направено частично в раздел III, т.5.1 „Основни характеристики на противифилтрационните завеси“, като са засегнати генерално язовирното строителство и подобряването (засдравяването) на почви.

**Раздел III. Теоретични основи и изученост на проблема** съдържа изчерпателна теоретична информация за подземните води. Характеризирани са различните типове подземни води, факторите и процесите, които определят качествата им. Обърнато е внимание върху замърсяването на водите, с класифициране на източниците на замърсяване. Според обхвата и начинът на постъпване се отделят точкови и дифузни източници на замърсяване. Разгледани са теоретичните основи на математическото моделиране на движението на подземните

води и миграцията на замърсители в тях. Точка 5 от раздела описва филтрационните завеси, с методиката за изграждането им, подробности за инжектирането на разтвори чрез пропиване и хидроразриви.

В този раздел са направени изводи, като съществен от тях за основната част на дисертацията е, че не е изследвана хидродинамиката на потока, при различни варианти на материала използван в зоната на противофилтрационните бариери.

**Раздел IV. Материали и методи** описва проведени лабораторни изследвания за определяне на коефициента на филтрация и коефициентите на местни съпротивления в различни материали от обекта на изследване. За целта са използвани филтрационни колони, в които е вграждан изследваният материал. Изследвани са проби от изветрели гнайси, като в различните варианти към тях са добавяни варовик, зеолит и бентонит като отделни слоеве в средната част на колоната. Във всяка колона са пропускани трикратно по 1250 ml дестилирана вода и моделни разтвори. Измервани са рН, концентрация на сулфати, желязо и манган на изходящите води. Определяни са и концентрациите на желязо и манган, адсорбирани от материала в колоните.

В този раздел е направено описание на обекта на изследване, което вероятно би трябвало да бъде разположено в по-предни раздели от дисертацията. Разгледани са геоложките, литоложките, тектонските, хидроложките и хидрогеоложките особености на изследвания район. Подземните води са порови, пукнатинни и пукнатинно-порови води. Таблично са представени режимни измервания на водните нива на подземните води, акумулирани в кватернерните наслаги и гнайсите на Арденска група. Във връзка с изследването са извършени химични анализи на водни проби.

**Раздел V. Резултати и обсъждане** анализира резултатите от мониторинга на повърхностни дренажни води за обекта преди и след изграждането на противофилтрационната завеса. Взетите водни проби са от пункт 20, разположен в Чифлик дере, непосредствено преди вливането му в р. Тополница. Използвани са резултати от различни времеви периоди и сезони за периода 2011 – 2014 г. Завишените стойности във водите на Чифлик дере, по отношение концентрациите на Mn, SO<sub>4</sub>, и електропроводимост, вероятно се дължат на естествения завишен геохимичен фон по отношение на тези вещества в района. Дебита на на инфилтриращите се скатови води, през различните периоди е силно променлив. Получените резултати от мониторинга на повърхностните води по отношение – електропроводимост, сулфати, манган, желязо, и други тежки метали след изграждане на бариерата, показват значително снижение на стойностите им в точките А2 и А3.

В точка 2 на раздел V са описани процесите по изграждането на противофилтрационната завеса в зоната на петата на хвостохранилището. Дълбочината на изпълнените сондажи е 20-25 m в зависимост от водопоглъщането при проведените водонагнетявания. В сондажите са инжектирани различни смеси от

цимент, бентонит и вода. Проведени са лабораторни експерименти за изясняване движението на вода при наличието на филтрационна бариера. Отчетено е повишаване на хидравличните съпротивления в следствие на добавянето на допълнителен слой в средата на пробите.

Съществена част от раздел V представляват извършените математически моделни изследвания за прогнозиране на замърсяването на подземните води от хвостохранилище "Челопеч" и оценка на защитната роля на противофилтрационната завеса. Развити са филтрационен и миграционен модел, при които се използват сулфати и арсен като ключови замърсители, показващи поведението на слабо и силно сорбируеми компоненти. Направените прогнози са за изчислителни времена 25, 50 и 100 години. Моделната област обхваща около 13.6 km<sup>2</sup>, между южното подножие на Средна гора и р. Тополница, в която попадат водосборите на р. Воздол и Чифлик дере. В разрез са включени всички установени хидрогеоложки единици до дълбочина 350 m, в три моделни слоя. За целите на моделирането е използвана едноредова филтрационна завеса, с ширина 3.0 m и дължина 60.6 m. Дълбочината и е 25 m. Резултатите от моделирането показват посока на движение на подземните води на юг. Те се дренират в р. Тополница. Основните миграционни модели са калибрирани спрямо реално измерените концентрации на ключовите замърсители в мониторинговите пунктове. Въз основа на разработените миграционни модели са съставени карти замърсяването на подземните води от хвостохранилището със сулфатни йони и арсен. Замърсената със SO<sub>4</sub> зона (с максимална ширина за 100 г. – 450-500 m) маркира възможния обхват на замърсяването на подземните води от хвостохранилището преди построяване на защитната бариера. Замърсената с As зона (максимално 180 m за 100 г.) очертава границите най-интензивното замърсяване на подземните води. Използваният сценарий с работеща филтрационна бариера показва значително деформиране на филтрационния поток. От хвостохранилището замърсителите ще мигрират главно на югозапад, по посока на р. Воздол. След около 10-15 г. замърсените подземни води в дерето под стената ще се изчистят в резултат на смесване и разреждане с чисти пластови води.

**В раздел VI** са поместени изводите и заключенията от работата по дисертацията. В осем точки са обобщени накратко основните резултати от изследването. Противофилтрационните завеси са оценени като перспективни системи за превенция на замърсяването на повърхностни и подземни води.

## **6. Приноси**

Формулирани са следните пет приноси:

1. На база на проведен екологичен мониторинг, е установено влиянието на противофилтрационна завеса по отношение миграцията на замърсители.
2. При различни варианти на материали, които биха могли да се използват в зоната на противофилтрационната завеса, са получени оригинални аналитични изрази, даващи връзка между коефициента на местни съпротивления и критерия на

Рейнолдс, като е установена и хидродинамиката на потока при преминаването през материали с различни филтрационни свойства.

3. Предложен и апробиран е методичен подход за оценка и прогнозиране на замърсяването на подземните води от хвостохранилище „Челопеч“ и действието на противифилтрационната завеса посредством математическо моделиране.

4. Разработени са оригинални хидрогеоложки числени 3D модели на условията за миграция на постъпващите от хвостохранилището силно подвижни и слабоподвижни замърсители по примера SO<sub>4</sub> и As.

5. Направени са компютърни симулации за период от 100 г. за прогнозиране на размерите и степента на замърсяване на подземните води от хвостохранилището и за оценка на ефективността на противифилтрационната завеса.

## **7. Критични бележки**

Въз основа на представената разработка могат да бъдат следните критични бележки:

- Въпреки, че съдържанието и структурата на дисертацията зависят основно от вижданията на нейният автор, в различните научни области съществуват възприети стандарти за последователността и описанието на фактите и дейностите в представените материали. В тази връзка е установено свързаните с геоложки дейности разработки да съдържат раздел „Състояние на проблема“, в което да е включена изучеността. Необходимо е читателят да бъде запознат хронологично с проведените проучвания, заършените трудове и публикации в района на изследване. Липсата на подобен раздел е компенсирана донякъде с позовавания в текста, които загатват за нуждата от подобно изследване. Подобен раздел би трябвало да предшества дефинирането на целите на дисертацията.

- Глава IV. Материали и методи би трябвало да подкрепя анализите на резултатите от екологичния мониторинг на повърхностни дренажни води преди и след поставяне на противифилтрационната завеса, както и анализа на проекта и реализацията на противифилтрационната завеса в зоната на петата на хвостохранилището (раздели V.1 и V.2) и в тази връзка би трябвало да бъде разгледана след посочените раздели.

- Обектът на изследване е описан в раздел IV. Материали и методи, точка 1.4. Това вероятно би следвало да бъде направено в по-предни раздели от дисертацията, с оглед на яснота по всички извършени до тези точки описания.

- На геоложката карта (фиг.16) не са показани в легендата докамбрийските и камбрийски скали от Арденска група (ArPeC) и Берковска група (BrPe-e) .

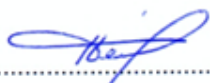
- В съдържанието, точка 1.4. Описание на обекта на изследване не са включени подточките описани в текста.

Изложените по-горе критични бележки не омаловажават значението на представената дисертация. Те имат предимно технически характер и следва да са вземат под внимание от докторанта в бъдещите му разработки.

## 8. Заключение

Настоящата дисертация представлява завършен научно-изследователски труд. В него е анализиран актуален проблем свързан с разпространение на замърсители във водите, като следствие от минната дейност и използването на противифилтрационни завеси за ограничаването на разпространението им. Научно-приложните приноси от дисертацията са пряко свързани с решаването на подобен тип проблеми. Дисертантът притежава експертизата за решаване на конкретни практически въпроси. Успешно е завършил квалификационните изисквания за докторантура. Професионалните качества на кандидата ми дават основание да препоръчам на уважаемото жури да присъди на инженер геолог – хидрогеолог Сотир Каменов Плочев научно-образователната степен „доктор“, по научна специалност “Системи и устройства за опазване на околната среда”, професионално направление 4.4. Науки за Земята

08.11.2021 г.  
гр. София

Рецензент:   
/доц. д-р Петър Гергинов/