



ЗРГИМ

**XI СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ СО
МЕЃУНАРОДНО УЧЕСТВО**

ПОДЕКС – ПОВЕКС '18

**09 ÷ 11. 11. 2018 година
Струга**

**ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА
ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ**

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ

Зборник на трудови:

ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ

Издавач:

Здружение на рударски и геолошки инженери на Република Македонија
www.zrgim.org.mk

Главен и одговорен уредник:

Проф. д-р Благој Голомеов

Уредник:

Доц. д-р Стојанче Мијалковски

За издавачот:

м-р Горан Сарафимов, дипл.руд.инж.

Техничка подготовка:

Доц. д-р Стојанче Мијалковски

Изработка на насловна страна:

Доц. д-р Ванчо Аџиски

Печатница:

Arberia design, Тетово

Година:

2018

Тираж:

200 примероци

CIP - Каталогизација во публикација

Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

622.22/23:622.3(062)

СТРУЧНО советување со меѓународно учество ПОДЕКС-ПОВЕКС'18 (11; 2018; Струга)

Технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини: зборник на трудови / XI-то

стручно советување со меѓународно учество ПОДЕКС-ПОВЕКС'18, 09-11.Ноември.2018 год., Струга;

[главен и одговорен уредник Благој Голомеов; уредник Стојанче Мијалковски]. - Скопје:

Здружение на рударски и геолошки инженери на Република Македонија, 2018.-293 стр.: илустр.; 30 см

Библиографија кон трудовите

ISBN 978-608-65530-4-3

а) Рударство – Експлоатација – Минерални сировини – Собири

COBISS.MK-ID 108736778

Сите права и одговорности за одпечатените трудови ги задржуваат авторите. Не е дозволено ниту еден дел од оваа книга да биде репродуциран, снимен или фотографран без дозвола на авторите и издавачот.



ОРГАНИЗАТОР:

**ЗДРУЖЕНИЕ НА РУДАРСКИТЕ И ГЕОЛОШКИТЕ
ИНЖЕНЕРИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА**

www.zrgim.org.mk



КООРГАНИЗАТОР:

**УНИВЕРЗИТЕТ “ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” - ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ
ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО**

НАУЧЕН ОДБОР:

Проф. д-р **Зоран Десподов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Зоран Панов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Дејан Мираковски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Тодор Делипетров**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Благој Голомеов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Орце Спасовски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Војо Мирчовски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Доц. д-р **Стојанче Мијалковски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Милорад Јовановски**, УКИМ, Градежен факултет, Скопје, Р. Македонија;
Проф. д-р **Витомир Милиќ**, Технички факултет во Бор, Р. Србија;
Проф. д-р **Слободан Вујиќ**, Рударски Институт, Белград, Р. Србија.
Проф. д-р **Радоје Пантовиќ**, Технички факултет во Бор, Р. Србија;
Проф. д-р **Ивица Ристовиќ**, РГФ, Белград, Р. Србија;
Проф. д-р **Раде Токалиќ**, РГФ, Белград, Р. Србија;
Проф. д-р **Војин Чокорило**, РГФ, Белград, Р. Србија;
Проф. д-р **Владимир Павловиќ**, РГФ, Белград, Р. Србија;
Проф. д-р **Божо Колоња**, РГФ, Белград, Р. Србија;
Проф. д-р **Јоже Кортник**, Факултет за природни науки и инженерство, Љубљана, Словенија;
Проф. д-р **Јакоб Ликар**, Факултет за природни науки и инженерство, Љубљана, Словенија;
Проф. д-р **Верослав Молнар**, БЕРГ Факултет, Технички Универзитет во Кошице, Р. Словачка;
Проф. д-р **Димитар Анастасов**, Мино-геолошки Универзитет, Софија, Р. Бугарија;
Проф. д-р **Венцислав Иванов**, Мино-геолошки Универзитет, Софија, Р. Бугарија;
Проф. д-р **Павел Павлов**, Мино-геолошки Универзитет, Софија, Р. Бугарија;
Проф. д-р **Иваило Копрев**, Мино-геолошки Универзитет, Софија, Р. Бугарија;
д-р **Кремена Дедељанова**, Научно – технички сојуз за рударство, геологија и металургија, Софија, Р. Бугарија;
м-р **Саша Митиќ**, Рударски Институт, Белград, Р. Србија.

ОРГАНИЗАЦИОНЕН ОДБОР:

Претседател:

Проф. д-р **Благој Голомеов**, УГД, ФПТН, Штип.

Потпретседатели:

Доц. д-р **Стојанче Мијалковски**, УГД, ФПТН, Штип;
м-р **Драган Димитровски**, ДИТИ, Скопје;
Митко Крмзов, Portlant OPC, Струмица.

Генерален секретар:

м-р **Горан Сарафимов**, ЗРГИМ, Кавадарци.

ЧЛЕНОВИ НА ОРГАНИЗАЦИОНИОТ ОДБОР:

Мице Тркалески, Мермерен комбинат, Прилеп;
Зоран Костоски, Мармобианко, Прилеп;
Шериф Алиу, ЗРГИМ, Кавадарци;
Филип Петровски, “Булмак” - Рудник “Тораница”, К. Паланка;
м-р **Драги Пелтечки**, Еуромакс Ресурсис, Струмица
м-р **Љупче Ефнушев**, Министерство за економија, Скопје;
м-р **Кирчо Минов**, Рудник за бакар “Бучим”, Радовиш;
м-р **Зоран Богдановски**, АД ЕЛЕМ, РЕК Битола, ПЕ Рудници, Битола;
м-р **Борче Гоцевски**, Рудник “САСА”, М. Каменица;
м-р **Благоја Георгиевски**, АД ЕЛЕМ, РЕК Битола, ПЕ Рудници, Битола;
м-р **Сашо Јовчевски**, ЗРГИМ, Кавадарци;
м-р **Горан Стојкоски**, Рудник “Бела Пола”, Прилеп;
м-р **Костадин Јованов**, ЗРГИМ, Кавадарци;
м-р **Трајче Бошевски**, Рудпроект, Скопје;
Чедо Ристовски, Рудник “САСА”, М. Каменица;
Антонио Антевски, “Булмак” - Рудник “Тораница”, К. Паланка;
Дарко Начковски, “Булмак” - Рудник “Злетово”, Пробиштип;
Димитар Стефановски, “Булмак” - Рудник “Злетово”, Пробиштип;
Лазе Атанасов, ДИТИ, Скопје;
Пепи Мицев, Рудник “Бањани”, Скопје;
Марија Петровска, Стопанска Комора, Скопје;
Љупчо Трајковски, ЗРГИМ, Кавадарци;
Емил Јорданов, ГД “Гранит” АД, Скопје;
Орхан Рамадановски, “Кнауф”, Дебар;
Проф. д-р **Зоран Десподов**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Зоран Панов**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Дејан Мираковски**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Борис Крстев**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Мирјана Голомеова**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Ристо Дамбов**, УГД, ФПТН, Штип;

Проф. д-р **Николинка Донева**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Ристо Поповски**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Марија Хаџи-Николова**, УГД, ФПТН, Штип;
Доц. д-р **Стојанче Мијалковски**, УГД, ФПТН, Штип;
Доц. д-р **Афродита Зенделска**, УГД, ФПТН, Штип;
Доц. д-р **Радмила Каранакова Стефановска**, УГД, ФПТН, Штип;
Доц. д-р **Ванчо Аџиски**, УГД, ФПТН, Штип.

**XI СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:
“ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА
НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ”
- со меѓународно учество –**

09 Ноември 2018, Струга
Република Македонија

ОРГАНИЗАТОР:

ЗДРУЖЕНИЕ НА РУДАРСКИТЕ И ГЕОЛОШКИТЕ ИНЖЕНЕРИ
НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
www.zrgim.org.mk

КООРГАНИЗАТОР:

УНИВЕРЗИТЕТ “ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” – ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ
ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО
www.ugd.edu.mk



ЗРГИМ

XI СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:

“Технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини”

ПОДЕКС – ПОВЕКС '18

Струга

09 ÷ 11. 11. 2018 год.

ПРЕДГОВОР

Меѓународното стручно советување за подземната експлоатација на минералните сировини (ПОДЕКС), за првпат се одржа на 06.12.2007 год. во Пробиштип во организација на Сојузот на Рударските и Геолошките Инженери на Македонија (СРГИМ).

Од 2012 година советувањето е проширено со трудови од површинската експлоатација на минерални сировини и е именувано како ПОДЕКС-ПОВЕКС.

Стручното советување, на тема: технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини, традиционално се одржува секоја година во месец ноември. На ова советување земаат учество голем број на стручни лица од: рударската индустрија, универзитетите, научно-истражувачките и проектантските организации, производителите на опрема и др.

На досегашните десет советувања (2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2014, 2015, 2016 и 2017 год.) учествуваа повеќе автори од 10 држави, кои презентираа 275 стручни трудови.

За ова единаесетто советување (ПОДЕКС - ПОВЕКС '18) пријавени се 37 труда, на автори од 6 држави.

Големиот број на трудови од домашните автори произлезе како резултат на научно-истражувачката работа реализирана на високообразовните институции во Р. Македонија. Меѓутоа, посебно не радува учеството на автори од непосредното рударско производство, кои што презентираат постигнати резултати во рударската пракса.

Се надеваме дека традицијата за собирање на сите специјалисти од областа на подземната и површинската експлоатација на минералните сировини, ќе продолжи и дека во идниот период ова советување ќе прерасне во меѓународен симпозиум.

Уредници



AMGEM

XI EXPERT CONFERENCE THEMED:

“Technology of underground and surface mining of mineral raw materials”

PODEKS - POVEKS '18

Struga

09 ÷ 11. 11. 2018.

FOREWORD

The International expert conference on underground mining of mineral raw materials (PODEKS), organized by the Association of Mining and Geology Engineers of Macedonia (AMGEM), was first held on 06.12.2007 in Probishtip.

Since 2012, in this counseling, surface exploitation of mineral resources is included too, and it is called PODEKS-POVEKS.

This expert conference called: Technology of underground and surface mining of mineral raw materials, traditionally, has been organized annually during November. A number of experts from the mining industry, universities, research institutions, planning companies, and equipment manufacturing companies participate in this conference.

Many authors from 10 countries participated in the previous ten conferences (2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2014, 2015, 2016 and 2017) presenting 275 expert papers.

Thirty-seven authors from 6 countries have registered their expert papers for the XIth conference (PODEKS - POVEKS '18).

The large number of expert papers from the domestic authors has emerged as a result of the research work carried out at the higher education institutions in the Republic of Macedonia. We are particularly delighted by the participation of the authors involved in the immediate mining production who will be presenting the achieved results in the mining practice.

We hope that the tradition of gathering of all specialists from the field of underground and surface mining of mineral raw materials will continue and that this conference will grow up to an international conference in the future.

The Editors



ЗРГИМ
Здружение на
рударски и
геолошки инженери
на Македонија

XI СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:

Технологија на подземна и површинска експлоатација
на минерални сировини

ПОДЕКС – ПОВЕКС '18

Струга
09 ÷ 11. 11. 2018 год.

СОДРЖИНА

ПРИМЕНА НА СОВРЕМЕНИ ИНСТРУМЕНТИ И ИНФОРМАЦИОНИ СИСТЕМИ ВО РУДНИКОТ ЗА ОЛОВО И ЦИНК "САСА" * Борче Гоцевски, Дејан Ивановски, Сергеј Филиппов, Чедо Ристовски, Стојанче Мијалковски.....	1
APPLICATION OF TELEMETRICAL SUPERVISION IN MONITORING THE WORK OF MINING EMPLOYMENT IN RMU "BANOVICI" D.D. BANOVICI * Hamid Husić, Senad Čerčić.....	10
МОДЕЛ НА БЕЗЖИЧНА МРЕЖА ЗА КОМУНИКАЦИОНЕН И МОНИТОРИНГ СИСТЕМ ВО РУДНИЦИТЕ ЗА ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА БАЗИРАН НА ZIGBEE ТЕХНОЛОГИЈА * Ванчо Аџиски, Зоран Десподов, Дејан Мираковски, Стојанче Мијалковски.....	19
ЕРП СИСТЕМИ ВО РУДАРСКАТА ИНДУСТРИЈА * Љубица Панова, Митко Крмзов, Теодора Топчева, Никола Механџиски.....	31
ПРИМЕНА НА СОВРЕМЕНИ МАШИНИ И ТЕХНОЛОГИИ ВО РУДНИКОТ ЗА ОЛОВО И ЦИНК "САСА" * Борче Гоцевски, Дејан Ивановски, Сергеј Филиппов, Чедо Ристовски, Стојанче Мијалковски.....	41
ОДРЕДУВАЊЕ НА НАЈВАЖНИТЕ ПАРАМЕТРИ КОИ ИМААТ ВЛИЈАНИЕ ВРЗ ИСКОРИСТУВАЊЕТО И ОСИРОМАШУВАЊЕТО НА РУДАТА КАЈ ПОДЕТАЖНАТА ОТКОПНА МЕТОДА СО ЗАРУШУВАЊЕ НА РУДАТА ВО РУДНИКОТ САСА * Стојанче Мијалковски, Зоран Десподов, Дејан Мираковски, Ванчо Аџиски, Николинка Донева, Ванчо Гоцевски.....	47
МЕТОДИ ЗА МЕРЕЊЕ НА ПРИМАРНИ НАПРЕГАЊА ВО КАРПЕСТ МАТЕРИЈАЛ * Николинка Донева, Марија Хаџи-Николова, Стојанче Мијалковски, Ванчо Аџиски.....	57
НОВ ПОВРШИНСКИ КОП ЗА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНА СУРОВИНА АРХИТЕКТОНСКО УКРАСЕН КАМЕН - МЕРМЕР, ЛОКАЛИТЕТ „СОКОЛ“ С. БЕЛОВОДИЦА ОПШТИНА ПРИЛЕП * Кирил Демјански, Никола Чапов.....	65

МЕТОДА ЗА ДОБИВАЊЕ НА БЛОКОВИ ВО РУДНИЦИ ЗА АРХИТЕКТОНСКО ГРАДЕЖЕН КАМЕН * Николче Р`жаникоски, Ристо Дамбов, Игор Стојчески, Христијан Станојоски.....	72
TECHNOLOGICAL METHODS FOR OPENCAST EXTRACTION WITH A SURFACE MINER * Daniel Georgiev, Ivan Mitev, Dimitar Kaykov, Ivaylo Koprev.....	79
LIPICA LIMESTONE DIMENSION STONE BLOCKS COMPACTNESS CLASSIFICATION * Andrej Kos, Jože Kortnik	86
ПРИМЕНА НА НЕЕКСПЛОЗИВНИ ЕКСПАНДИРАЧКИ СРЕДСТВА ЗА КРШЕЊЕ НА БЛОКОВИ ЗА ГОЛЕМИ ПРЕЧНИЦИ * Ристо Дамбов, Игор Стојчески, Никола Р`жаникоски, Илија Дамбов, Христијан Станојоски.....	96
МИНИРАЊЕ НАТПАТНИК НА АВТОПАТ МИЛАДИНОВЦИ-ШТИП НА СТАЦИОНАЖА КМ34+972,46. (РАЦКРСНИЦА ЕРЏЕЛИЈА) * Стојанче Тренчевски, Емил Јорданов.....	106
FLY ROCKS IN SURFACE MINE DURING THE BLASTING * Frashër Brahimaj, Risto Dambov.....	113
SEISMIC IMPACT FROM MASSIVE BLASTINGS ON AROUND OBJECTS * Risto Dambov, Frashër Brahimaj, Ejup Ljatifi, Ilija Dambov.....	120
БЕЗБЕДНО РАБОТНО МЕСТО ВО РУДАРСТВОТО * Анкица Илијева Стошиќ.....	126
ИЗРАБОТКА НА ГЕОЛОШКИ МОДЕЛ ВО “ЛИПФРОГ ГЕО” СОФТВЕР * Љупче Кулаков, Oğuz Egemen.....	134
THE SAFE AND EFFECTIVE ACQUISITION OF GEO-RESOURCES AS THE MAIN OBJECTIVE OF GEOMECHANICS * Georgi Dachev, Kiril Kutsarov, Daniel Georgiev.....	143
ГЕОЛОШКИ И ИНЖЕНЕРСКОГЕОЛОШКИ ИСТРАЖУВАЊА ЗА ИЗВЕДБА НА УСЕЦИ * Орце Петковски, Ванчо Ангелов.....	150
ФИЗИЧКО-МЕХАНИЧКИ И МИНЕРАЛОШКО - ПЕТРОГРАФСКИ КАРАКТЕРИСТКИ НА БАЗАЛТИТЕ ОД ЛОКАЛИТЕТОТ КАМЕНО БРДО, ИСТОЧНА МАКЕДОНИЈА * Орце Спасовски, Даниел Спасовски.....	158
МОЖНОСТ ЗА ПРИМЕНА НА ПОДЗЕМНА ГАСИФИКАЦИЈА НА ЈАГЛЕН НА НАОЃАЛИШТЕТО ЖИВОЈНО * Радмила Каранакова Стефановска, Зоран Панов, Ристо Дамбов, Ристо Поповски, Пеце Муртановски.....	165

ВЛИЈАНИЕ НА СУБЈЕКТИВНОСТА ПРИ ДОНЕСУВАЊЕ ОДЛУКИ СО УПОТРЕБА НА ПОВЕЌЕКРИТЕРИУМСКИ МЕТОДИ * Пеце Муртановски, Александар Стоилков, Сашо Цветковски, Маја Јованова.....	172
FOSTER OF MINING WASTE RECYCLING AND 3R PRINCIPLES IN MINING INDUSTRY * Kemajl Zeqiri, Musa Shabani, Avdi Konjuhi, Festim Kutllovci.....	176
ПАСИВЕН ТРЕТМАН НА РУДНИЧКИ ВОДИ * Мирјана Голомеова, Афродита Зенделска, Благој Голомеов.....	183
ПРОЦЕНКА ОД ОДГОВОРНОСТ ЗА ЕКОЛОШКА ШТЕТА ДПТУ „РУДНИК БУЧИМ“- ДОО РАДОВИШ * Славјанка Пејчиновска - Андонова, Тања Николовска, Саре Сарафилоски.....	195
КВАЛИТАТИВНИ И КВАНТИТАТИВНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ГЛИНИТЕ ОД НАОЃАЛИШТЕТО КОКОШИЊЕ (РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА) * Орце Спасовски, Даниел Спасовски.....	204
КВАЛИТАТИВНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ДИЈАБАЗОТ ОД ЛОКАЛИТЕТОТ “ГАВРАН“, ОПШТИНА СТРУМИЦА И МОЖНОСТ ЗА НЕГОВО КОРИСТЕЊЕ КАКО ГРАДЕЖНО - ТЕХНИЧКИ КАМЕН * Љупче Ефнушев, Ѓорги Димов, Благица Донева.....	212
ПРИМЕНА НА ОПАЛИЗИРАНИОТ ТУФ ВО ИЗРАБОТКА НА БИОФИЛТРИ * Крсто Блажев, Благица Донева, Ѓорги Димов, Марјан Делипетрев.....	219
ХИДРОХЕМИСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПОДЗЕМНИТЕ И ПОВРШИНСКИТЕ ВОДИ ОД РУДНОТО НАОЃАЛИШТЕ „ЛУКЕ“ – КРИВА ПАЛАНКА * Војо Мирчовски, Виолета Стефанова, Гоше Петров, Ласте Ивановски, Силвана Пешовска, Ванчо Ангелов, Бојан Стрезовски..	224
АНАЛИЗА НА ГЕОЛОШКИ ПАРАМЕТРИ КАКО ПРЕДУСЛОВ ЗА ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА ЗАПАДНИОТ ДЕЛ НА НАОЃАЛИШТЕТО ЗА ЈАГЛЕН „БРОД-ГНЕОТИНО“ * Ласте Ивановски, Бојан Стрезовски, Симона Трајчева, Александар Стоилков, Пеце Муртановски, Маја Јованова, Горанчо Гроздановски.....	235
ИДЕНТИФИКАЦИЈА НА МИНЕРАЛИТЕ ОД СИВЕЦ СО ПРИМЕНА НА XRD МЕТОДА * Тена Шијакова-Иванова, Мартин Петрески.....	244
РЕЗУЛТАТИ ОД ШЛИХОВСКА ПРОСПЕКЦИЈА – РЕКА ОТИЊА, ИСТОЧНА МАКЕДОНИЈА * Виолета Стефанова, Виолета Стојанова, Војо Мирчовски	254
ЛИТОСТРАТИГРАФСКА КОРЕЛАЦИЈА НА ЕОЦЕНСКИТЕ СЕДИМЕНТИ ОД ДУПЧОТИНИТЕ ВО ТИКВЕШКИОТ И ОВЧЕПОЛСКИОТ БАСЕН, Р. МАКЕДОНИЈА * Виолета Стојанова, Гоше Петров, Виолета Стефанова...	260

ЛИТОСТРАТИГРАФСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ОФИОЛИТСКИОТ МАСИВ ДЕМИР КАПИЈА – ГЕВГЕЛИЈА * Гоше Петров, Виолета Стојанова, Војо Мирчовски.....	268
СЕИЗМОЛОШКА ОПСЕРВАТОРИЈА – СЕИЗМИЧКИ МОНИТОРИНГ И ОБРАБОТКА НА ПОДАТОЦИ * Јасмина Најдовска, Катерина Дрогрешка, Драгана Черних – Анастасовска.....	274
МАКРОСЕИЗМИЧКИ ЕФЕКТИ ОД ЗЕМЈОТРЕСОТ НА 11 СЕПТЕМВРИ 2016 ГОДИНА ВО СКОПСКАТА КОТЛИНА И ОКОЛИНАТА * Катерина Дрогрешка, Јасмина Најдовска, Драгана Черних Анастасовска.....	284
НОВИ СОЗНАНИЈА ЗА БИОАКУМУЛАТИВНИОТ КАПАЦИТЕТ НА ДИАТОМЕТИТЕ ЗА ТЕШКИ МЕТАЛИ-ИСТРАЖУВАЊА ВО ОБЛАСТА АЛШАР, МОЖНОСТ ЗА НОВ ПРИСТАП ВО МЕТОДИТЕ НА БИОРЕМЕДИЈАЦИЈА * Иван Боев.....	294



ZRGIM
Здружение на
рударски и
геолошки инженери
на Р. Македонија

XI TO СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:
Технологија на подземна и површинска експлоатација на
минерални сировини

ПОДЕКС – ПОВЕКС '18

Струга
09 – 11. 11. 2018 год.

ПАСИВЕН ТРЕТМАН НА РУДНИЧКИ ВОДИ

Мирјана Голомеова¹, Афродита Зенделска¹, Благој Голомеов¹

*¹Универзитет "Гоце Делчев", Факултет за природни и технички науки,
Штип, Р. Македонија*

Апстракт: Во овој труд се презентирани технологиите за пасивен третман на руднички води, нивната примена, ефективност, трошоци и ограничувања. Опишани се следниве технологии: конструирани мочуришта, безкислородни варовнички дренажи, отворени варовнички канали и системи со вертикален проток.

За разлика од технологиите за активен третман кои бараат константно одржување на системот, технологиите за пасивен третман бараат понизок степен на одржување или воопшто нема потреба да се одржуваат.

Клучни зборови: конструирани мочуришта, безкислородни варовнички дренажи, отворени варовнички канали, системи со вертикален проток.

PASSIVE MINE WATER TREATMENT

Mirjana Golomeova¹, Afrodita Zendelska¹ Blagoj Golomeov¹

¹Goce Delchev University, Faculty of Natural and Technical Sciences, Shtip, Macedonia

Abstract: This paper presents the technologies for passive treatment of mine waters, their application, effectiveness, costs and limitations. The following technologies are described: constructed wetlands, Anoxic limestone drains, open limestone channels and vertical flow systems.

In contrast to active treatment technologies that require constant system maintenance, the passive treatment technologies require a lower degree of maintenance or no need to be maintained at all.

Key Words: constructed wetlands, Anoxic limestone drains, open limestone channels and vertical flow systems.

1. ВОВЕД

Рудничките дренажни води заедно со водата која се користи во технолошкиот процес на подготовка на минералната сировина и водата од јаловиштата спаѓаат во групата на индустриски отпадни води, загадени со високи концентрации на растворени метали и истите може да се класифицираат во неколку основни типови според нивната алкалност и киселост. Со мешање на различни типови на води се образуваат преодни типови на води, а одредувањето на формираните тип е со адекватно земање на примероци и анализа на рН вредноста, состојбата со кислородот и концентрацијата на металите и интензитетот на киселоста.

Најчесто киселата рудничка дренажа претставува вода со зголемена концентрација на метали, која се формира како резултат на хемиска реакција помеѓу водата и карпите носители на минерали кои во својот состав содржат сулфур. Доаѓа од области каде што постојат или постоеле рударски активности или пак од карпести области богати со пирит (FeS_2). Како резултат на реакцијата помеѓу пиритот, водата и воздухот се добива сулфурна киселина и растворено железо кое може да се исталожи и да формира црвени, портокалови или жолти седименти на дното од дренажните текови. Киселата дренажа дополнително ги раствора тешките метали, како што се: бакар, олово, цинк, манган, жива, во подземните или површинските води.

Комплексот на елементи во рудничката дренажа предизвикува различни ефекти на водениот свет. Вкупниот ефект зависи од концентрацијата на растворените метали, вкупната киселост, рН и количината на дренажата, како и од протокот, рН и алкалноста или пуферскиот капацитет на приемниот поток. Повисоката концентрација на бикарбонатни и карбонатни јони во приемниот поток и повисокиот пуферски капацитет овозможуваат поголема заштита на водениот свет од штетните влијанија на киселите руднички дренажи. Алкалните руднички дренажи со ниска концентрација на метали имаат слабо забележителен ефект врз приемните текови, додека киселите руднички дренажи со зголемена концентрација на метали коишто се испуштаат во изворните текови или слабо пуферските текови може да имаат уништувачки ефект врз водениот свет.

Секундарните ефекти, како што се зголемен јаглероден диоксид, намален кислород од оксидацијата на металите, зголемен осмозен притисок со висока концентрација на минерални соли и синергетски ефект на метални јони, исто така придонесуваат за токсичноста. Покрај хемиските ефекти од рудничката дренажа се јавуваат и физички ефекти како што се: зголемување на заматеноста како резултат на ерозија на почвата, акумулација на јагленова прашина и задушување на подлогата на потокот од наталожувањето на металните соединенија.



Слика 1. Шема за избор меѓу активен и пасивен третман на кисели руднички дренажи. Киселинското оптоварување е пресметано како киселост ($\text{mg CaCO}_3/\text{l}$) x проток (l/s) x 0.0864.

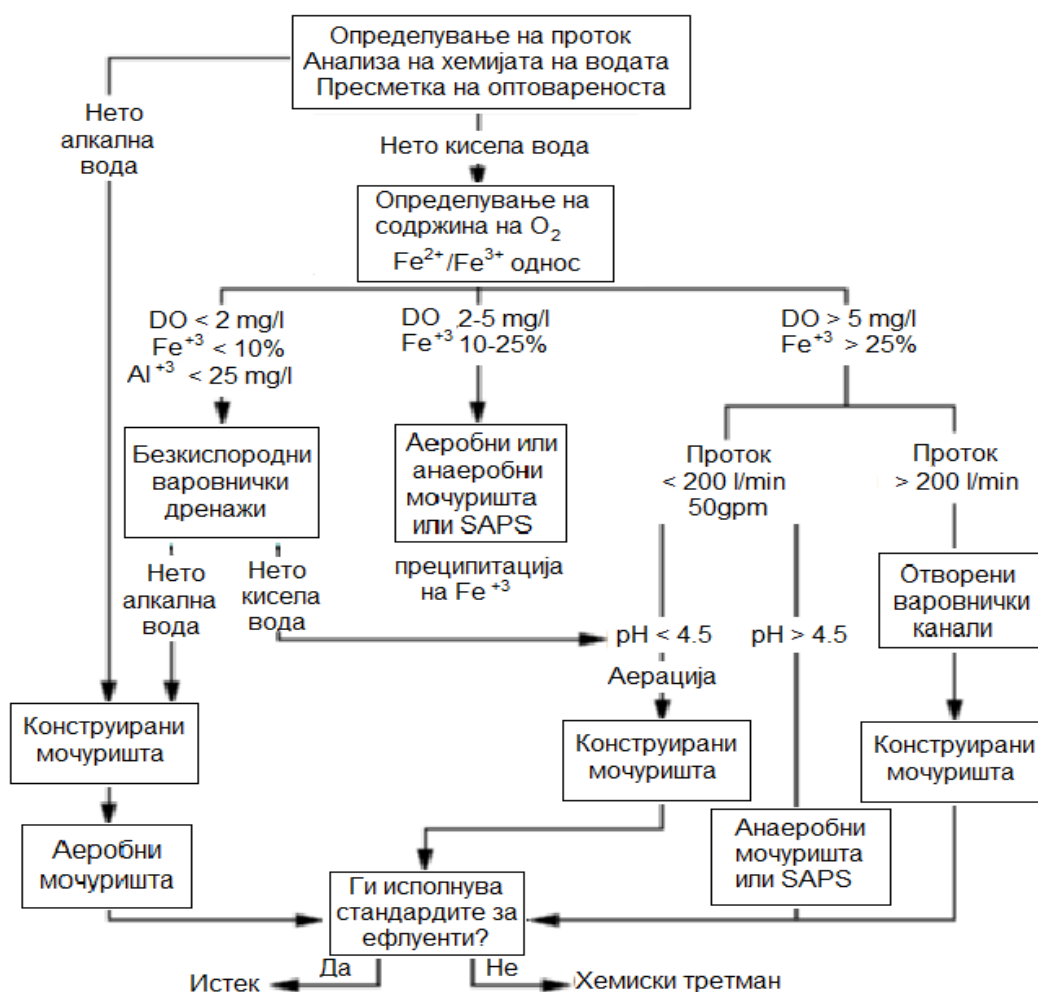
Третманот на рудничките води најчесто е базиран на две основни технологии т.е. технологии за активен третман и технологии за пасивен третман. Основната разлика помеѓу овие технологии е тоа што системите за активен третман (како што кажува и името) бараат константно одржување на системот, додека системите за пасивен третман бараат понизок степен на одржување (или воопшто не се одржуваат).

2. ТЕХНОЛОГИИ ЗА ПАСИВЕН ТРЕТМАН

Моделирањето на пасивните системи е засновано според природните мочуришта и други природни процеси, применувајќи соодветна промена за да се исполнат специфичните цели на третманот.

Концептот на пасивниот третман ги користи предностите на природно настанатите хемиски и биолошки процеси за пречистување на рудничките води и овозможува реакциите за третирање да се извршуваат на контролирано место во системот за третирање, а не кај приемот на водата.

Основните пасивни технологии се поделени на: конструирани мочуришта (аеробни и анаеробни), системи со вертикален проток (системи за производство на сукцесивна алкалност и системи за редуцирање и производство на алкалност), безкислородни варовнички дренажи, варовнички базени, отворени варовнички канали, извори (бунари) со пренасочување.



Слика 2. Шема за избор на пасивен третман за руднички дренажи

2.1. Конструирани мочуришта

Технолошки опис. Начинот на којшто се конструирани мочуриштата влијае на начинот на третман на водата. Доминираат два вида на конструкција: 1) „аеробни“ мочуришта кои што содржат Турфа (барски трски) и друга мочуришна вегетација засадена во плитките (<30 cm), релативно непропустливи седименти кои опфаќаат почви, глини или рудничка јаловина и 2) „анаеробни“ мочуришта кои што содржат Турфа (барски трски) и друга мочуришна вегетација засадена во длабоките (>30 cm) порозни седименти кои опфаќаат почви, тресет, компост во кој има печурки, дрвени струготини, слама, ѓубриво, сено или други органски смеси, над подлога или измешани со варовникот.

Аеробните мочуришта се ограничени по однос на типовите на води кои што може ефикасно да ги третираат и се користат за третман на средно кисели или нето алкални води кои содржат зголемени концентрации на Fe. Примарната функција на овие системи е да се овозможи аерација на рудничките води кои течат низ вегетацијата, оксидација на раствореното железо и да обезбедат време на задржување, каде што водата се забавува за да преципитираат железните оксиди. Бидејќи преципитацијата на Fe генерира H^+ , водата која излегува од аеробните мочуришта може да има пониска рН отколку водата што влегува во мочуриштата, дури и ако концентрациите на Fe се помали.



Слика 3. Напречен пресек на аеробно мочуриште

Онаму каде што инфлуентните води се нето алкални и концентрациите на Fe во растворот се незначителни, аеробните мочуришта може да го отстранат и манганот (Mn). Сепак ефикасноста за отстранување на манганот е ограничена од неколку фактори. Отстранувањето на Mn се случува преку механизми слични на оние за отстранување на Fe, меѓутоа многу побавни. Растворениот Mn може да оксидира во облик на цврста фаза (како MnO_2), меѓутоа процесот е многу бавен при $pH < 8$, и исто како и при оксидацијата на Fe, се генерира киселост. Оксидацијата на Mn како и кај железото се врши по хемиски пат и под влијание на различни микроорганизми. Сепак оксидацијата на железото е повластен процес, па така оксидацијата на Mn не се јавува како значаен процес сè додека оксидацијата на Fe речиси не заврши. Поради тоа, за успешно отстранување на Mn во аеробните мочуришта неопходни се големи области или дополнителни комори во мочуриштата.

Примена. Мочуриштата се користат за третирање или отстранување на сулфатот и разните метали, вклучувајќи железо, манган, арсен, алуминиум, бакар, цинк, кадмиум, селен, никел и олово. Мочуриштата може да третираат кисела, неутрална или алкална рудничка дренажа.

Постапка. Конструираниите мочуришта се примарно мочуришни површини или слободни водни површини. Во системот на подземни протоци, водата тече низ грануларен медиум, како што е чакал или песок, а медиумската површина е засадена со водни растенија. Системот е сличен со природно мочуриште каде водата тече низ засадена површина.

Дизајнот на конструирани мочуришта за третман на кисели руднички дренажи варира во зависност од карактеристиките на локацијата. Најважните аспекти на дизајнот се биохемиските процеси, брзината и времето на задржување, наклонот, супстратот, вегетацијата, контролата на седиментот, геометриската конфигурација, сезонските услови и регулаторните барања.

Ако водата е алкална, аерацијата за подобрување на процесите на оксидација на метали може да се постигне со аеробни мочуришта. Во одредени случаи може да се јави потреба од неутрализација на кисела вода, со употреба на други претходни третмани. Ако водата е премногу кисела или ако содржи премногу железо, алуминиум или растворен кислород, алкалноста може да се зголеми со компостирано мочуриште.

Долгорочно одржување. Системите на конструирани мочуришта обично се лесни за одржување. Потребно е следење на сатурацијата, прелевањето и седиментацијата. Може да биде потребно периодично ископување на седиментите. Мочуриштата добро функционираат на оддалечени локации или во ситуации каде што постојаното следење или одржување може да биде непрактично.

Ограничување. Конструираниите мочуришта имаат неколку ограничувања: 1) бараат голема површина на земјиште по единица волумен на вода; 2) за поддршка на мочуриштето неопходно е постојано и доволно снабдување со вода; 3) приливот на рудничката вода може да бара претходен третман; и 4) периодичното ослободување на заробени загадувачи може да се случи за време на периоди со висок проток или периоди кога вегетацијата се распаѓа, ако се појават промени на рН или кога настанува десорпција.

Сезонските услови на локалитетот претставуваат важен фактор во дизајнот на мочуриштата, особено во областите каде што климатските флукуации се значајни. При студени климатски услови, за време на зимата, ефикасноста на овие системи може да опадне.

Имплементацијата на мочуриштата бара првични трошоци за изградба и однапред следење за да се осигури дека системот стабилно функционира. Мочуриштата побавно даваат значителни резултати во споредба со активните технологии за третман.

Ефективност. Аеробните мочуришта обично се поефикасни во отстранувањето на железото отколку за манганот и најдобро функционираат при ниски протоци. Се забележуваат сезонски варијации во ефикасноста на отстранувањето на металот, при што помали количини се отстрануваат при студено време.

Трошоци. Системите за пасивни третмани често се дизајнирани врз основа на концентрацијата на метали или киселоста (g/m²/ден). Грам/ден се пресметува со множење на концентрацијата во mg/l и протокот во галони на минута 5,47 (1mg/l=5.47g/ден):

$$\text{mg/l} * 3.8 \text{ l/галон} * \text{ПРОТОК галони/min} * \text{g/1000mg} * 60 \text{ min/hr} * 24 \text{ hr/ден} = 5.47 \text{ g/ден}$$

Со аеробните мочуришта кои се конструирани за води со концентрација 10 g Fe/m²/ден и 0,5 g Mn/m²/ден може да се постигне намалување на концентрацијата на железо до 3 mg/l и на манган до 2 mg/l. На пример, доколку концентрацијата на железо е 260 g/ден, поделено со 10 g/m²/ден се добива големина на мочуриште од 26 m². Помала концентрација на ефлуентот може да се добие пропорционално. На пример, двојно поголемо мочуриште од 52 m² треба да ја намали концентрацијата на железо и манган на половина. Манганот е ограничен загадувач и за него е потребно 20 пати повеќе простор за mg/l [4]. Според Gusek (1995) [2], капиталните трошоци за пасивно мочуриште се движат од \$0.32 - \$0.46 на kg отстранет метал, додека за преципитација со вар (активен третман) капиталните трошоци се движат од \$0.66 - \$0.89 на kg. (Забелешка: овие трошоци може и да не се целосни во зависност од одалеченоста на локацијата). Како и да е, трошоците за работење и одржување кај активните третмани се од 5-10 пати поголеми.

The U.S. Naval Facilities Engineering Service Center's Remediation Technology Online Help Program наведува дека трошоците за третман со конструирани мочуришта се движат помеѓу \$0.15 и \$1.00 на галон третирана вода [1].

Табела 1. Трошоци за изградба, варовник и одржување за 9 локации во САД каде се применуваат аеробни конструирани мочуришта [6]

Локација	pH на инфлуентот	Варовник (t/годишно)	Период за конструкција (години)	Трошоци за изградба (\$)	Проценето времетраење (години)	Ефикасност (\$/t/годишно)
WV-2a	6.7	11.6	4.0	5432	20	23.4
WV-7a	6.8	14.3	3.0	13552	20	47.4
OH-2c	6.0	1.1	1.0	1334	20	61.0
WV-7b	6.5	7.4	3.0	12712	20	85.9
WV-2b	7.2	0.4	4.0	4116	20	514.5
WV-7c	6.6	0.7	3.0	15484	20	1106.0
WV-10a	2.5	0.4	1.0	12093	20	1512.0
AL-2d	5.0	0.0	4.0	5500	/	/
MD-3d	5.5	-3.6	2.0	9680	/	/

Модификацијата на дизајнот на аеробните мочуришта им овозможува на анаеробните мочуришта дополнителна алкалност, со цел ефикасен третман на нето киселите води и значителна преципитација на растворените метали. Ова вклучува додавање на подлога од варовник и органска материја која го поттикнува генерирањето на алкалноста како бикарбонат (HCO₃⁻). Редукцијата на сулфатите е микробиолошки процес кој се јавува во безкислородни услови, кога се присутни сулфати и биоразградливи организми. Сулфаторедуирачките бактерии го користат кислородот кој навлегол во безкислородната околина како компонента на сулфатот (SO₄²⁻) за метаболичките процеси на биоразградливите организми, го трансформираат сулфурот или до гасна фаза (H₂S) или до сулфид во цврста фаза.

Анаеробните мочуришта се во состојба да ги отстранат металите кои што се растворливи во киселина (посебно Fe и Al), како и да генерираат алкалност. Нивната ефикасност е ограничена од бавното мешање на водите од алкалниот супстрат со киселите води близу површината. За овие системи често пати е потребна голема површина и долго време на задржување. Како и кај другите

системи за пасивен третман, нивната ефикасност за отстранувањето на Mn е ограничена, освен во случај кога се користат големи површини.



Слика 4. Напречен пресек на анаеробно мочуриште

2.2. Безкислородни варовнички дренажи

Технолошки опис. Безкислородните варовнички дренажи претставуваат потрупани ровови исполнети со варовник, конструирани да се спречи контактот на рудничките дренажи со атмосферскиот кислород. На тој начин е оневозможена оксидацијата на металите и образувањето на варовнички наслаги. Варовникот се раствора под влијание на рудничките води, со што се генерира бикарбонатна алкалност.

Безкислородните варовнички дренажи се покриени со глина или збиени почви и PVC за да се заштитат од контакт со кислородот. PVC мембраната најчесто се поставува над варовникот за да го ограничи пристапот на кислородот и аерираната вода. Целта на долниот дел на безкислородните варовнички дренажи е да обезбеди алкалитет и на тој начин киселата вода да ја трансформира во алкална. Задржувајќи го јаглеродниот диоксид во дренажите се подобрува растворливоста на варовникот и образувањето на алкалност. За да биде варовникот секогаш заситен со вода, истекот од безкислородните варовнички дренажи треба да биде поставен малку над горниот дел од варовникот, со што се избегнува пристап на воздух во системот. Пред да биде испуштен во природните водотеци, ефлуентот се задржува во таложник за да се овозможи приспособување на рН и преципитација на металите.



Слика 5. Безкислородни варовнички дренажи (Anoxic Limestone Drains ALD)

Примена. Безкислородни варовнички дренажи се користат за третирање исклучиво на кисели води.

Долгорочно одржување. Рутинското одржување е ограничено на надзор на површината, за да се евидентира дали има протекување низ покривниот

материјал, како и периодично чистење на местото од каде што излегува водата за да се отстранат акумулираните железни оксиди. Во главно, системите се дизајнирани да се врши дополнување на варовник на секои 15 до 25 години, во зависност од карактеристиките на дренажата.

Ограничување. 1. Отстранувањето на металите треба да се случува на друго место за да се заштити каналот од затнување. Безкислородните варовнички дренажи мора да се одржуваат без кислород за да се спречи оксидација на растворливото двовалентно железо во нерастворливо тровалентно, 2. Безкислородните варовнички дренажи овозможуваат пораст на рН вредноста, но различните хемиски карактеристики на рудничките води може да предизвикаат варијации во алкалноста и заостанување на металите и 3. Примената на безкислородните варовнички дренажи како единствен третман може да не ги задоволат лимитите за ефлуентот.

Ефективност. Кога инфлуентот содржи заедно тровалентно железо и алуминиум помалку од 1 mg/l безкислородните варовнички дренажи овозможуваат константна концентрација на алкалноста за повеќе од 10 години. Алкалната концентрација во ефлуентот се движи во границите од 80 - 320 mg/l како CaCO₃, со максимално ниво на достигнување после 15 часа од влезот во системот.

Трошоци. Трошоците за инсталација на безкислородните варовнички дренажи може да варираат во зависност од локацијата и хемијата на инфлуентот. Капиталните трошоци за затворен рудник во Алабама се околу 0,27\$ за 1000 галони вода, а трошоците за работа и одржување се околу 0,11\$ за 1000 галони вода. Типичен систем на безкислородни варовнички дренажи во Канада се очекува да чини во границите од 6000\$ до 37000\$ во зависност од избраните димензии и дизајнот на протокот. Овие трошоци ќе бидат поголеми доколку има потреба од ископување или минирање на самата локација. Трошоците за одржување не се очекува да бидат значителни. Освен трошоците за мониторинг, трошоците треба да бидат ограничени на периодичен надзор на местото и одржување на вегетативната покривка.

2.3. Отворени варовнички канали

Технолошки опис. Отворените варовнички канали претставуваат наједноставен систем за пасивен третман, каде варовникот се додава директно по течението на каналот, полугодишно, а може и поретко. Овој систем најчесто се применува кога рудничката дренажа мора да се пренесе на одредено растојание.

Кај овој тип на системи се прави канал од варовнички камен во кој се собира контаминираната вода од рудничките дренажи. Растворот од варовнички камен ја зголемува алкалноста на водата и го зголемува рН потенцијалот. Големата брзина на протокот и образувањето на вртлози го зголемуваат ефектот намалувајќи ги наслагите од варовнички камен.



Слика 6. Напречен пресек на отворен варовнички канал

Примена. Отворените варовнички канали се користат за третирање на кисели води со висока концентрација на манган, алуминиум, железо, бакар, олово, цинк и селен.

Постапка. Отворениот канал низ кој се движи рудничката вода е обложен со варовник со висока концентрација на калциум. Должината на каналот и градиентот на каналот се фактори кои што се проектираат и може да се менуваат. Оптимални перформанси се постигнуваат при наклон од 12%, при што брзината на протокот се зголемува по течението со што не се дозволува преципитација на суспендираните седименти врз површината на варовничкиот камен. Времето на престој е од клучно значење за резултатите од третманот со примена на отворен варовнички канал, но брзината на водата мора да биде постојано висока.

За да се намали доволно брзината на водата и да се овозможи таложеење на суспендираните честички, после каналот може да се користи базен за таложеење. Отворените варовнички канали може да се користат самостојно или во комбинација со други системи за пасивен третман.

Долгорочно одржување. Доколку отворените варовнички канали се правилно конструирани, да се овозможи измивање при високи протоци, нивно одржување речиси и не е потребно.

Отворените варовнички канали може да се користат и за рекламација на напуштените рудници, каде што еднократно може да се направат инсталациони трошоци, а одржувањето не е потребно.

Ограничување. 1. Примената на овој третман е ограничена при зголемена концентрација на метали и покачена киселост на водата, 2. Дизајнот и работењето на варовничкиот канал бараат посебно внимание за да се приспособат на неизбежното таложеење врз варовничкиот камен, 3. Висока брзина на проток за да се изнесат наталожените цврсти честички и чисти преципитати од површината на варовникот и 4. Способност за периодично измивање на системот за да се исчистат акумулираните преципитати и цврсти материи.

Ефективност. Алкалноста која што може да се генерира со овие системи обично е доволна за да се подигне рН вредноста на инфлуентот до или околу 6. Највисок степен на отстранување се добива кога косината на каналите е од 45 до 60 проценти и за води со киселост од 500 до 2600 mg/l како калциум карбонат. Отворените варовнички канали може да бидат ефикасни како еден елемент во системот за пасивен третман, но обично не се доволно ефикасни како самостоен третман.

За да се добијат оптимални резултати, отворените варовнички канали се применуваат за 0.03-0.19 mg/l киселост на должен метар од каналот со наклон поголем од 20% [3].

Трошоци. Трошоците на третманот варираат помеѓу 32 - 9303 \$/t годишно. Најчесто овој третман чини 300\$/t годишно [1].

Ziemkiewicz et al. (2003) ја проучувале ефикасноста на отстранување на киселоста на 84 различни видови пасивни технологии за третман на вода лоцирани во САД, од кои 10 биле со отворени варовнички канали. Според нив отворените варовнички канали може да бидат со различна големина (40 - 2700 t), обновување (1 до 6 години) и брзина на проток (0.3 до 42 l/s). Во повеќето системи ефикасноста се движи 15 - 20 g/ден/t и во просек се третира 9,9 тони кисела дренажа годишно. Просечната цена на тон/годишно за отстранување на

киселост е \$138 долари, а просечната вкупна цена на изградбата изнесува \$27.500 [5].

Табела 2. Трошоци за изградба, варовник и одржување за 11 локации во САД каде се применуваат отворени варовнички канали [6]

Локација	pH на инфлуентот	Варовник (t/годишно)	Период за конструкција (години)	Трошоци за изградба (\$)	Проценто времетраење (години)	Ефикасност (\$/t/годишно)
IN-2b	4.8	13.2	2	950	3	24.0
WV-14	3.7	24.1	6	24004	20	49.8
WV-24	4.0	19.4	2	46272	20	119.3
WV-31	2.9	25.0	4	73184	20	146.4
WV-36b	5.6	2.8	1	11250	20	200.9
WV-36a	5.0	1.7	3	7500	20	220.6
WV-11	2.5	6.8	2.5	36192	20	266.1
WV-12c	4.2	5.0	2	28099	20	281.0
WV-12b	3.5	2.8	2	31590	20	564.1
WV-33c	5.1	0.1	5	15046	20	7523.0
WV-12a	3.5	-4.7	2	34992	/	/

2.4. Системи со вертикален проток

Технолошки опис. Системите за пасивен третман со вертикален проток ги комбинираат механизмите за третман на анаеробните мочуришта и безкислородните варовнички дренажи. Основните елементи на овие системи се слични со анаеробните мочуришта, но овде е додаден и дренажен систем за да се обезбеди директен контакт на киселите руднички дренажи со супстратот кој произведува алкалност. Трите главни елементи на системот се дренажниот систем, варовничкиот слој и органскиот слој. Системот е конструиран во рамките на водопропустлив басен, а во дренажниот систем е поставен хидрант за контрола на нивото на водата, за да се обезбеди поплавеност со вода на органскиот и варовничкиот слој. При текот на киселите руднички дренажи низ органскиот слој се извршуваат следните основни функции: растворениот кислород се отстранува од страна на аеробните бактерии коишто ги користат биоразградливите органски соединенија како извори на енергија, а сулфато-редуцирачките бактерии генерираат алкалност и ги издвојуваат металите во облик на сулфиди. Органскиот слој кој е способен да ги намали концентрациите на DO до $< 1 \text{ mg/l}$ е од суштинско значење за заштита на варовникот од „армирање“, како и за редукција на сулфатите. Во варовничкиот слој киселината го раствора CaCO_3 и безкислородните води движејќи се надолу низ дренажниот систем произведуваат дополнителна алкалност. Ефлуентот се испушта во таложник каде што се врши неутрализација на киселината и преципитација на металите, пред конечното испуштање во реципиентот. За руднички дренажи кои содржат значителни концентрации на Fe^{3+} и/или седименти, пред системите со вертикален проток треба да има други таложници или аеробни мочуришта за да се ограничи акумулацијата на цврстите честички на површината на органскиот слој. За третман на дренажи со висока киселост може да се постават неколку последователни прегради со вертикален проток, раздвоени со таложници.



Слика 7. Напречен пресек на систем со вертикален проток

Примена. Системи со вертикален проток се користат за третирање на кисели води со висока концентрација на алуминиум, железо, бакар, манган и цинк.

Долгорочно одржување. За да може да се продолжи ефективност на системот, органскиот слој треба да се надополнува после две до три години. Потребно е континуирано следење на хемијата на инфлуентот и ефлуентот за да се согледа степенот на отстранување на металите.

Ограничување. 1. При висок проток и висока концентрација на метали, потребно е покомплициран дизајн на системот кој вклучува поголем број на таложни езера. Ова ја зголемува потребата од поголема површина и цената за изградба на истите и 2. За успешна работа на системите со вертикален проток потребно е за органскиот слој да се користат печурки.

Ефективност. Системите со вертикален проток се неконзистентни, но може да бидат ефективни. Користејќи го овој третман, најчесто се добива следната ефикасност за отстранување на метали: Al – 97%, Cu – 90%, Fe – 64%, Mn – 11% и Zn – 57%.

Трошоци. Процентата просечна потрошувачка за системи со вертикален проток базирана на 15 годишно работење на системот се движи во границите од 72 439\$ за систем со 5 грт до 150 983\$ за систем со 100 грт. Кај систем со 5 грт, проценето е дека третманот чини 0,03\$ за галон третирана вода, додека кај систем со 100 грт, третманот чини 0,003\$ за галон.

3. ЗАКЛУЧОК

Најдобриот избор помеѓу пасивниот и активниот третман зависи од техничкиот и од економскиот фактор. Техничкиот фактор го вклучува степенот на киселост, количината на проток, специфичните видови и концентрацијата на метали во водата, стапката и степенот на потребниот хемиски третман и посакуваниот финален квалитет на водата. Економскиот фактор ги вклучува цената на реагенсите, работната рака, механизацијата и опремата, потребниот период (години) за кој ќе биде неопходен третманот, отстранување и одложување на отпадниот талог, каматната стапка и факторите на ризик.

При дизајнирањето на пасивниот третман потребно е да се окарактеризираат водите кои ќе се третираат, односно треба да се направи мерење на протокот и квалитетот на водата во текот на подолг период, за да се утврди појавата на сезонски разлики. Почетните трошоци кај пасивниот третман може да бидат повисоки отколку кај активниот, но бидејќи користат процеси кои не се оперативни интензивни, вкупните трошоците за нив се помали. Примената на системи со пасивен третман го елиминира користењето на дополнителни хемикалии, ја намалува потрошувачката на енергија и потребата за одржување,

што ги прави овие системи да имаат поголема предност во однос на активните системи.

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] U.S. Environmental Protection Agency, Office of Superfund Remediation and Technology Innovation, "Reference Guide to Treatment Technologies for Mining-Influenced Water", March 2014, EPA 542-R-14-001
- [2] Gusek J.J. 1995, Passive treatment of acid rock drainage: what is the bottom line? Mining Engineering. Vol 47, No 3, pp. 250-253
- [3] Skousen J. 2001, Overview of passive systems for treating acid mine drainage. West Virginia University Extension Service
- [4] Ford K.L. 2003, Passive treatment systems for acid mine drainage, U.S. Bureau of Land Management Paper, 19
- [5] Ziemkiewicz P., Skousen J., Lovett R. 2003. Mine Water and the Environment 22, pp. 118–129. Springer-Verlag
- [6] Ziemkiewicz P., Skousen J., Simmons J., Long-term performance of passive acid mine drainage treatment systems
- [7] William C. Maehl, Zortman and Landusky eith 20/20 hindisght, Spectrum Engineering, Inc., 1413 4th Avenue North, Billings, MT 59101