

**Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип, Македонија
Факултет за природни и технички науки**

**University „Goce Delcev“, Stip, Macedonia
Faculty of Natural and Technical Sciences**

UDC: 622:55:574:658

ISSN: 185-6966

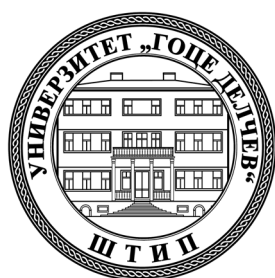
Природни ресурси и технологии Natural resources and technology

**Број 13
No 13**

**Година 13
Volume XIII**

**Октомври 2019
October 2019**

**УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” – ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ**



**Природни ресурси и технологии
Natural resources and technology**

**октомври 2019
October 2019**

**ГОДИНА 13
БРОЈ 13**

**VOLUME XIII
NO 13**

**UNIVERSITY “GOCE DELCEV” – STIP
FACULTY OF NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES**

ПРИРОДНИ РЕСУРСИ И ТЕХНОЛОГИИ
NATURAL RESOURCES AND TECHNOLOGY

За издавачот

Проф. д-р Зоран Десподов

Издавачки совет

Проф. д-р Блажо Боев
Проф. д-р Зоран Десподов
Проф. д-р Лилјана Колева - Гудева
Проф. д-р Зоран Панов
Проф. д-р Борис Крстев
Проф. д-р Мирјана Голомеова
Проф. д-р Благој Голомеов
Проф. д-р Дејан Мираковски
Проф. д-р Тодор Серафимовски
Проф. д-р Војо Мирчовски
Проф. д-р Тена Шијакова - Иванова
Проф. д-р Соња Лепиткова
Проф. д-р Гоше Петров
Проф. д-р Кимет Фетаху,
(Политехнички универзитет во Тирана, Р. Албанија)
Проф. д-р Ивајло Копрев,
(МГУ Софија, Р. Бугарија)
Проф. д-р Никола Лилиќ,
(Универзитет во Белград, Р. Србија)
Проф. д-р Жоже Кортник
Универзитет во Љубљана, Р. Словенија
Проф. д-р Даниела Марасова,
(Технички универзитет во Кошице, Р. Словачка)

Editorial board

Prof. Blazo Boev, Ph.D
Prof. Zoran Despodov, Ph.D
Prof. Liljana Koleva - Gudeva, Ph.D
Prof. Zoran Panov, Ph.D
Prof. Boris Krstev, Ph.D
Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D
Prof. Blagoj Golomeov, Ph.D
Prof. Dejan Mirakovski, Ph.D
Prof. Todor Serafimovski, Ph.D
Prof. Vojo Mircovski, Ph.D
Prof. Tena Sijakova - Ivanova, Ph.D
Prof. Sonja Lepitkova, Ph.D
Prof. Gose Petrov, Ph.D
Prof. Kimet Fetahu, Ph.D
R. Albania
Prof. Ivajlo Koprev, Ph.D
R. Bulgaria
Prof. Nikola Lilik, Ph.D
R. Srbija
Prof. Joze Kortnik, Ph.D
R. Slovenia
Prof. Daniela Marasova, Ph.D
R. Slovacka

Редакциски одбор

Проф. д-р Зоран Десподов
Проф. д-р Зоран Панов
Проф. д-р Борис Крстев
Проф. д-р Мирјана Голомеова
Проф. д-р Благој Голомеов
Проф. д-р Дејан Мираковски
Проф. д-р Николинка Донева
Проф. д-р Марија Хаџи - Николова

Editorial staff

Prof. Zoran Despodov, Ph.D
Prof. Zoran Panov, Ph.D
Prof. Boris Krstev, Ph.D
Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D
Prof. Blagoj Golomeov, Ph.D
Prof. Dejan Mirakovski, Ph.D
Prof. Nikolinka Doneva, Ph.D
Prof. Marija Hadzi - Nikolova, Ph.D

Главен и одговорен уредник

Доц. д-р Афродита Зенделска

Managing & Editor in chief

Ass. Prof. Afrodita Zendelska, Ph.D

Јазично уредување

Вангелија Цавкова
(македонски јазик)

Language editor

Vanglija Cavkova
(macedonian language)

Техничко уредување

Славе Димитров
Благој Михов

Technical editor

Slave Dimitrov
Blagoj Mihov

Редакција и администрација

Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип
Факултет за природни и технички науки
ул. „Гоце Делчев“ 89, Штип
Република Северна Македонија

Address of the editorial office

Goce Delcev University - Stip
Faculty of Natural and Technical Sciences
Goce Delcev 89, Stip
Republic of North Macedonia

С о д р ж и н а / C o n t e n t s

Николинка Донева, Марија Хаџи-Николова, Стојанче Мијалковски АНАЛИЗА НА ПОТРЕБНОТО ВРЕМЕ ЗА ИЗРАБОТКА НА ХОДНИК ВО ОЛОВНО-ЦИНКОВА РУДА Nokolinka Doneva, Marija Hadzi-Nikolova, Stojance Mijaklovski ANALYSIS OF REQUIRED CONSTRUCTION TIME FOR DRIFT IN ROCK TYPE – LEAD AND ZINC ORE	5
Благој Голомеов, Мирјана Голомеова, Афродита Зенделска ОСКУЛТАЦИЈА – ТЕХНИЧКО НАБЉУДУВАЊЕ НА ХИДРОЈАЛОВИШТЕ Blagoj Golomeov, Mirjana Golomeova, Afrodita Zendelska MONITORING - TECHNICAL OBSERVATION OF TAILING DAMS.....	11
Радмила Каранакова Стефановска, Зоран Панов, Ристо Поповски, Пеце Муртановски, Александар Стоилков, Маја Јованова ТЕХНОЕКОНОМСКА АНАЛИЗА НА ПОДГОТОВКА И ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА НА ПОДЗЕМНАТА ГАСИФИКАЦИЈА ВО РУДНИЦИТЕ ЗА ЈАГЛЕН Radmila Karanakova Stefanovska, Zoran Panov , Risto Popovski, Pecce Murtanovski, Aleksandar Stoilkov, Maja Jovanova TECHNO ECONOMIC ANALYSIS OF PREPARATION AND IMPLEMENTATION OF UNDERGROUND GASIFICATION IN OPEN PITS OF COAL	17
Иван Боев КЛАСИФИКАЦИЈА НА ВУЛКАНСКИТЕ КАРПИ ОД КОЖУФ ПЛАНИНА Ivan Bоеv CLASSIFICATION OF THE VOLCANIC ROCKS OF KOZUF MOUNTAIN	23
Благица Донева, Марјан Делипетрев, Ѓорѓи Димов КОРЕЛАЦИЈА НА ПРЕСМЕТАНАТА И ФИЛТРИРАНАТА КАРТА НА ГРАВИМЕТРИСКОТО ВЛИЈАНИЕ НА МОХО ДИСКОНТИНУИТЕТОТ Blagica Doneva, Marjan Delipetrev, Gorgi Dimov CORRELATION OF CALCULATED AND FILTERED MAP OF THE GRAVIMETRIC INFLUENCE ON МОХО - DISCONTINUITY	33
Кристиан Јованов 3Д МОДЕЛ ВО СОГЛАСНОСТ СО ГЕОФИЗИЧКИТЕ ПОДАТОЦИ НА ПОРФИРИСКИОТ СИСТЕМ, ПЕТРОШНИЦА, РЕПУБЛИКА СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА Kristian Jovanov 3D MODELING ON GEOPHYSICAL EXPLORATION DATA OF A POSSIBLE PORPHYRY SYSTEM IN THE AREA PETROSHNITSA, REPUBLIC NORTH MACEDONIA	41

Иван Лулециев

ЗАШТИТА НА ДОЈРАНСКОТО ЕЗЕРО – ПРЕДИЗВИК ЗА ПОДОБРУВАЊЕ
НА ЖИВОТНАТА СРЕДИНА

Ivan Luledziev

PROTECTION OF DOJRAN LAKE - CHALLENGE TO IMPROVE THE ENVIRONMENT... 49

Иван Боев, Дејан Мираковски, Маја Лазарова, Арианит Река, Блажо Боев

ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА ПРИСУСТВО НА НАНО-ПЛАСТИКА ВО
ФЛАШИРАНИТЕ ВОДИ ЗА ПИЕЊЕ ВО РЕПУБЛИКА МАКДОНИЈА
СО ПРИМЕНА НА СЕМ-ЕДС МЕТОДАТА

Ivan Bоеv, Dejan Mirakovski, Maja Lazarova, Arianit Reka, Blazo Bоеv

DETERMINATION OF THE PRESENCE OF NANO-PLASTIC IN BOTTLED DRINKING
WATER IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA BY APPLYING THE SEM-EDS METHOD ... 57

Горан Милошевски

ЛОГИСТИЧКИ КАНАЛИ ВО СНАБДУВАЧКИТЕ СИНЦИРИ – СОСТОЈБИ И ТРЕНД

Goran Miloshevski

LOGISTIC CHANNELS IN SUPPLYING CHAINS – SITUATIONS AND TREND..... 61

Катерина Деспот, Васка Сандева

ЕКО ДИЗАЈН НА МЕБЕЛ

Katerina Despot, Vaska Sandeva

ECO FURNITURE DESIGN 67

ТЕХНОЕКОНОМСКА АНАЛИЗА НА ПОДГОТОВКА И ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА НА ПОДЗЕМНАТА ГАСИФИКАЦИЈА ВО РУДНИЦИТЕ ЗА ЈАГЛЕН

Радмила Каранакова Стефановска¹, Зоран Панов¹, Ристо Поповски¹, Пеце Муртановски²,
Александар Стоилков², Маја Јованова²

Факултет за природни и технички науки, Универзитет „Гоце Делчев“, Штип¹, АД Електрани на Северна
Македонија, Скопје²
radmila.karanakova@ugd.edu.mk,

Апстракт. Доколку ја земеме во обзир количината и квалитетот на достапните јагленовите ресурси, нашата земја која не располага со доволни и по структура поволни резерви на енергетски сировини, тогаш сме во ситуација да ја примениме новата технологија на експлоатација на вонбилансни резерви на јаглен. Најважна активност секако е изборот на локацијата за подземна гасификација на јаглен, која зависи, пред сè, од јагленовиот ранг, дебелината и длабочината на слојот, типот на покривните и основните слоеви, пропустливоста, порозноста на јагленот и околните карпи, итн. Неопходно е да се разгледа количината на јаглен што е во состојба да се гасифицира и да се процени вкупниот волумен на произведен гас од ПГ. Секако, пресметките за капитално инвестирање и техничките трошоци на производство имаат многу значајно место и во овој труд ние ќе им посветиме особено внимание на тоа.

Клучни зборови: Јаглен, подземна гасификација, дупчотини, капитални инвестиции, тековни трошоци за производство, syngas.

TECHNO ECONOMIC ANALYSIS OF PREPARATION AND IMPLEMENTATION OF UNDERGROUND GASIFICATION IN OPEN PITS OF COAL

Radmila Karanakova Stefanovska¹, Zoran Panov¹, Risto Popovski¹, Pece Murtanovski²,
Aleksandar Stoilkov², Maja Jovanova²

Faculty of natural and technical sciences, Goce Delcev University, Stip, Macedonia¹
Power Plants of North Macedonia, Skopje²
radmila.karanakova@ugd.edu.mk

Abstract. Considering the quantity and quality of available coal resources, our country which does not have sufficient and structured favorable reserves of energy resource is in a position to apply the new exploitation technology in off-balance coal reserves. The most important activity is of course the choice of underground coal gasification site, which depends primarily on the coal rank, the layer thickness and depth, the type of roofing and base layers, permeability, the porosity of the coal and the surrounding rocks, etc. It is necessary to consider the amount of coal capable of gasification and to estimate the total volume of produced gas from underground gasification. Certainly the calculations for capital investment and technical costs of production have a very important place and in this paper we will dedicate a particular attention to it.

Kew words: Coal, underground gasification, borehole, capital investments, current production costs, syngas

1. Вовед

Гасификацијата постои повеќе од 200 години, па зошто интересот за неа е сега? Мора да има, секако, многу причини, но двете најзначајни причини се континуирано високата цена на природниот гас и нафтата кои во текот на изминатите години значително се зголемија.

Втората значајна причина е потребата за енергетска независност на секоја земја. Гасификацијата е клучна базична технологија за претворање на јаглен во сè друго, на пример, гасификацијата е клучниот чекор за претворање на јаглен во H_2 , Синтетички природен гас, течни горива и заробување на CO_2 и др.

Според современите истражувања за Подземна гасификација на јаглен би можела значително да ја зголеми искористеноста на резервите на јаглен кои се недостапни со користење на конвенционални техники на откопување, економскиот ефект би станал приоритетен. Со други зборови, економската предност на оваа технологија е баланс помеѓу позитивните и негативните фактори.

На позитивната страна, ПГЈ нуди ниски трошоци за намалување на емисиите, трошоците се пониски од гасификациските центри на површината затоа што нема потреба од откопување, складирање или

транспорт на јагленот, не постојат цврсти остатоци за да се елиминираат и нема потреба да се набавува гасификатор.

Економичноста на гасификацијата на подземен јаглен многу зависи од типот на јагленот, длабочината и густината на јагленовиот слој, бројот и дијаметарот на дупчотините, видот и цената на нивната изградба, техниката на поврзување која се користи, типот и количината на оксидант кој се користи, притисокот на гасот, квалитетот, вредноста на загревање, протокот, степенот на проток на вода, типот и големината на користениот компресор, потребите за прочистување на гасот, типот и бројот на инструменти и ефикасноста на конверзија и опоравување [1].

Дебелината на слојот и просторот кој го опфаќаат дупчотините имаат големо влијание врз цените на гасот, во однос со другите фактори. Чинењето на енергијата од Syngas се споредува со енергијата добиена со горење на јагленот.

Вкупниот трошок на овој метод е речиси половина отколку оној на Системот на комбиниран циклус на интегрирана гасификација IGCG бидејќи не е потребен површински гасификатор, и може да се произведе електрична енергија по цена дури од 10 долари за MWh.

Според деталната економска анализа која е спроведена од страна Универзитетот Индијана за примената на подземна гасификација на јаглен, во конкретниот случај на јагленот во Индијана, покажува дека трошокот за производство за подземна гасификација на јаглен базирана на воздух е 8,04 долари за MMBtu, а за оксидатор на кислород, овој трошок се намалува на 4,48 MMBtu.

Трошокот за производство на електрична енергија во комбинирани циклични постројки е 0.0863 долари за KWh (за постројки кои се палат со воздух) и \$.0643 долари за KWh (за постројки кои се палат со кислород). Дополнителните трошоци и процеси додаваат 1,7 центи по киловат часови и го прават овој метод поекономичен отколку сличните технологии (во случаи каде што постои данок за CO₂ и сл.) [2].

2. Капитални инвестиции и трошоци за производство

Со оглед на капиталните инвестиции и тековните трошоци за производство, врз основа на неколку студии кои биле спроведени низ целиот свет, резултатите се различни, во зависност од тоа дали станува збор за хоризонтални слоеви или длабоки слоеви.

За вкупни капитални инвестиции (100 %) секој елемент е даден во Табела 1.

Табела 1. Елементи на учество во целокупна капитална инвестиција [3]

Table 1. Elements of whole capital investment

Елементи на капитални инвестиции	Хоризонтални слоеви	Длабоки слоеви
	%	%
Подготовка, механички операции	4,6	13,6
Компресорска станица	19,0	23,4
Контролна мерна опрема и систем за обработка на гас	9,5	12,0
Цевководи	30,0	16,4
Електрично напојување	3,4	6,4
Дупчечки прибор и дупчење	3,0	0,3
Индириктни трошоци	6,0	3,6
Технолошки и административни трошоци	7,5	7,5
Непредвидливи трошоци	17,0	16,8
ВКУПНА КАПИТАЛНА ИНВЕСТИЦИЈА	100,0	100,0

За хоризонтални слоеви, капиталните инвестиции се во релација со таканаречениот „условен гасен генератор“, така што трошоците за секој следен генератор на гас се вклучени во тековните трошоци за производство.

За длабоки слоеви, инвестициите се позначајни за време на подготовките на делниците заради длабочината на јагленовите слоеви. Трошоците за гасоводот за длабоките слоеви се пропорционално помали. Сите трошоци за дупчење припаѓаат на тековните трошоци за производство.

Тековните трошоци за производство се дадени во Табела 2.

Табела 2. Елементи на учество во тековни трошоци за производство капитална инвестиција [3]
Table 2. Elements of production costs

Елементи на капитални инвестиции	Хоризонтални слоеви	Длабоки слоеви
	%	%
Дупчење	11,2	8,1
Работни и материјални трошоци за поместување на мобилни сегменти	1,0	6,0
Поврзување на дупчотини	3,1	1,2
Работни трошоци за снабдување	2,7	2,6
Тековно одржување (и материјали)	2,7	2,6
Електрично напојување и гориво	22,0	24,0
Плати на вработени	7,3	8,5
Трошоци поврзани со капитални инвестиции	50,0	47,0
ВКУПНА КАПИТАЛНА ИНВЕСТИЦИЈА	100,0	100,0

Во работењето на хоризонтални слоеви, повисоки трошоци имаме за дупчење и поврзување на дупчотините, а помали за дислокација на опремата бидејќи сите трошоци за цевководите и трошоците за дислокација на опремата се вклучени во капиталните инвестиции. Вкупните инвестиции и тековните трошоци за цевководите и дислокација на опремата се повисоки кај хоризонталните слоеви отколку кај јагленовите слоеви кои се подлабоки.

Трошоците за набавка се поврзани со работа во 3 смени од 8 часа, со обично ангажирани 5 до 6 работници на еден генератор на гас.

Тековните трошоци за одржување се земаат околу 2 % од капиталните вложувања. Големи трошоци има за електрична енергија и гориво (дизел), како и за работа со компресори за гасификација и за поврзување на дупчотините.

Најголем дел од капиталните инвестиции и цената на гасот ќе зависи од ширината на јагленот, длабочината на јагленот и растојанието помеѓу дупчотините.

Во продолжение е дадена табела на трошоци за производство на SYNGAS од подземна гасификација на јаглени за слој на јаглен (лигнит) на длабочина околу 250 метри. Во табелата е даден приказ на трошоците за различна моќност (дебелина) на јагленов слој од 6 до 15 метри [4].

Табела 3. Трошоци за производство на SYNGAS од ПГЈ
Table 3. Production costs of SYNGAS from underground coal gasification

Ред. бр.	Моќност на јагленов слој m	Радиус на гасификација m	Трошоци за дупчење x10 ⁶ US\$	Вкупно трошоци x10 ⁶ US\$	Вкупни трошоци за производство на SYNGAS US\$/1000 m ³
1	6	2.5	55	150	38
2	9	4	22	115	33
3	12	5.5	11	105	31
4	15	7	7	100	30

* Податоци превземени од Интернет за модел со дневна производство на околу 14.000 m³ SYNGAS, 10 % годишна стапка на интерес и работен век од 30 години.

Во продолжение дадена е Табела 4 во која е дадена пресметка на техно – економските параметри при производство на SYNGAS од подземна гасификација на јаглени [4]

Табела 4. Пресметка на техно – економски параметри при производство на SYNGAS од подземна гасификација на јаглени

Table 4. Calculation of techno-economic parameters in the production of SYNGAS from underground coal gasification

Параметар	Вредност	
SYNGAS од 1 kg јаглен	2.5 - 3.5	m ³ /kg
SYNGAS од 1 kg јаглен (усвоена средн. вредност 2000 kcal/kg)	3.20	m ³ /kg
SYNGAS од 1 t јаглен (усвоена средн. вредност 2000 kcal/kg)	3,200	m ³ /t
Калорична вредност на SYNGAS	3-5	MJ/m ³
Калорична вредност на SYNGAS (усвоена)	3.20	MJ/m ³
Калорична вредност на природен гас	35-39	MJ/m ³
Калорична вредност на природен гас (усвоена)	37	MJ/m ³
SYNGAS коеф. на еквивалент на природен гас	11.56	
Еквивалент на природен гас (добие од SYNGAS од 1 t јаглен, средна вредност 2000 kcal/kg)	277	m ³ /t
Потребен јаглен за производство на 1000 m ³ еквивалент на природен гас	3.61	t/1000 m ³
Трошок за производство на 1 m ³ SYNGAS*	30 - 175	US\$/1000 m ³
Трошок за производство на 1 m ³ SYNGAS (усвоено)	105	US\$/1000 m ³
Сооднос (EUR/US\$)	1.16	
Долна гранична цена на јаглен**	29.06	US\$/t
Долна гранична цена на јаглен**	25.05	EUR/t

Трошокот за производство зависи од можноста за користење на подземната гасификација на јаглени.

Ова е проектирана долна граница на цена на јаглен, над која може да се планира истражување за можна примена на подземната гасификација на јаглени. Имено, ако вредноста на тон откопан јаглен со калорична моќ околу 2000 kcal/kg е под оваа граница, тогаш конвенционалните методи за експлоатација би биле економски поприфатливи.

Претходната табела ја укажува можноста за почеток на истражувања поврзани со примена на подземна гасификација на јаглени и во Република Македонија. Имено, според досегашните истражувања направени за наоѓалиштата на јаглен („Живојно“, „Мариово“, и ПЈС „Суводол“), му даваат компаративна предност на наоѓалиштето „Живојно“, потоа на „Мариово“ [1]. Ова значи, потреба од почнување на истражувања за утврдување од можноста за гасификација на овие наоѓалиште, особено во деловите од јагленовите слоеви кои не се планирани да се откопуваат со постојните главни рударски проекти.

1. Заклучок

Како што беше претходно спомнато, за Подземната гасификација на јаглен најзначајно е да се избере оптимална локација, покрај неопходноста за определување на количината на јаглен погоден за гасификацијата и вкупниот волумен на гас добиен од самиот процес.

Очигледно е дека во капиталните инвестиции и цената на гасот поголем дел оди за компресирање на воздухот и гасоводот. Дупчењето и поврзувањето на дупчотините се директно поврзани со дебелината и длабочината на наоѓалиштето на јаглен.

Имајќи предвид дека подземната гасификација на јаглени припаѓа во еколошките технологии за експлоатација на јаглени, кај кои доаѓа до минимизирање на емисијата на штетните гасови, истата дава можност за користење на средства од ЕУ фондови како и други поволности во обезбедувањето на финансиски средства како еколошки прифатлива технологија.

Користена литература

1. Каранакова, Р. (2017). *Неконвенционални технологии за експлоатација на јаглени со минимизирање на емисијата на штетни и гасови*. Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, докторска дисертација.
2. Ag Mohamed, A., Batto, S. F., et al. (2011). *Viability of Underground Coal Gasification with Carbon Capture and Storage in Indiana*. Bloomington School of Public and Environmental Affairs, Indiana University.
2. Dimitrijevic, B. (2005). *Techno economic analysis of preparation and implementation of underground coal gasification: Underground Mining Engineering* 14 (119-124), Faculty of Mining and geology, Belgrade.
3. Karol, K. (2010). *Research of underground gasification lignite*, Acta Montanistica Slovaca, October 2010, Kosice.
4. Nakaten, N. C.; Kempka, T. (2017). *Techno-Economic Comparison of Onshore and Offshore Underground Coal Gasification End-Product Competitiveness*. *Energies* 2017, 10-1643, <https://www.mdpi.com/1996-1073/10/10/1643>.