Бранко Миладиновић*, Светлана Симић, Драгољуб Гргуровић,
Геолошки завод Србије, Београд

Branko Miladinović, Svetlana Simić, Dragoljub Grgurović,
Geological Survey of Serbia, Belgrade

УГАЉ У ПИРОТСКОМ КРАЈУ И ЊЕГОВ УТИЦАЈ НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ

COAL IN REGION OF PIROT AND ITS IMPACT ON ENVIRONMENT

Сажетак: У Србији се око 70% примарне енергије добија из угља и то без обзира на многе штетне утицаје које има на животну средину. У ширем подручју Пирота, најинтензивнија експлоатација угља је вршена рудницима „Јерма“ на Руј планини и „Видлич“ на Старој планини. Након затварања ових рудника у другој половини прошлог века, није придавана адекватна пажња рудничким водама које истичу из старих радова. Хидрогеоолошким истраживањима која су спроведена током 2010. и 2013. год., утврђено је да се рудничким водама из наведених рудника угља врши емисија загађујућих материја изнад граничних вредности емисије (ГВЕ) за II класу површинских вода (добар еколошки статус). Према обиму испитиваних параметара, емисија загађујућих материја се односи на минерализацију (М), електропроводљивост, SO_4 , NH_4 , NO_3 , Fe, Mn, а незнатна прекорачења постоје за рН вредност и As. Овим загађењима је најугроженија Мазгошка река на Старој планини, а на Руј планини поток Козник и Вучиделски поток.

* branko.miladinovic@gzs.gov.rs

Abstract: 70% of primary energy in Serbia is taken from coal regardless of many of its harmful impacts on the environment. In wider area of Pirot, the most intense coal exploitation has been done in the mine of Jerma in mountain Ruj and in the mine of Vidlič in the mountain Stara planina. After the closing of these mines at the second half of the last century, the right amount of attention wasn't given to the mine waters that outflow from mine shaft. Hydrogeological researches that were held during 2010. and 2013. determined that the mine waters perform emission with pollutants above limit for the 2nd class of surface water, which is a good ecological status. According to the scope of the investigated parameters, emission of pollutants refer to mineralization (M), conductivity, SO₄, NH₄, NO₃, Fe, Mn, and there are also slight overdrafts for pH and As values. Surface waters of river Mazgoška on the mountain of Stara planina as well as Koznik and Vučidelski stream on the mountain Ruj are the most threatened by these pollutions.

Кључне речи: Пирот, угаљ, рудничке воде, хемијски састав, животна средина

Key words: Pirot, coal, mine water, chemical composition, environment

УВОД

Од свих фосилних горива која се данас користе у свету за производњу примарне енергије, угаљ има најдеструктивнији утицај на животну средину. Његовим откопом из лежишта, прерадом и сагоревањем у термоелектранама, проузрокује се несагледиво загађење атмосфере, површинских и подземних вода, као и деградација земљишта.

Овим питањима посвећује се данас велика пажња у свету, а статистичке анализе показују да се од укупних трошкова очувања и заштите животне средине, највећи део средстава (око 80 %) троши на пречишћавање рудничких и отпадних вода које настају при технолошким процесима прераде (Komatina, 1990).

У горњем делу слива реке Нишаве (у ширем подручју Пирота) познато је више појава и лежишта угља карбонске, лијаске и неогене старости. Свакако да је најзначајније и најпознатије лежиште угља на Руј планини код села Ракита, које је експлоатисано рудником „Јерма“. До 1962. године, овим рудником је вршена подземна експлоатација квалитетног каменог угља.

На Старој планини угаљ је експлоатисан рудником „Видлич“ у мазгошком басену, на самој граници са Бугарском. Подземни откоп меког мрког угља у селу Мазгош је вршен у периоду 1955-1961. год, а касније је отворен и површински коп.

Циљ овог рада је упознавање шире јавности са глобалним последицама које има угаљ као енергент на животну средину и какав конкретан утицај имају отпадне рудничке воде на животну средину из затворених рудника угља „Јерма“ и „Видлич“ у пиротском крају. Од обуставе експлоатације угља у овим рудницама, рударским јамама и депонијама јаловине се не поклања адекватна пажња са еколошког аспекта, тако да се то већ деценијама у извесној мери одражава на животну средину.

УГАЉ И ЖИВОТНА СРЕДИНА

Темпо привредног развоја, како код економски развијених, тако и код земаља у развоју, првенствено зависи од степена искоришћености расположивих природних ресурса. Зато се у свету придаје велика пажња развоју и унапређењу рударске делатности са пратећом прерађивачком индустријом.

У Србији производња електричне енергије од угља је примарна. У току 2012. године, од укупно остварене производње енергије у електранама од 34.546 GWh, термоелектране на угаљ су произвеле 70,3% (www.aegs.rs). Ову производњу свакако да прате и проблеми који се односе на загађење животне средине, почев од самих рудника којима се врши откоп угља из лежишта, као и касније кроз прераду и коначно током спаљивања угља у термоелектранама.

Док се лежиште угља не отвори за експлоатацију, оно у природној успостављеној равнотежи не представља опасност за животну средину. С обзиром да се најчешће ова лежишта налазе у брдским и планинским подручјима, односно у очуваним екосистемима, проблеми почињу да се јављају од првих припремних радова на просецању прилазних путева, крчењу шума, изградњи инфраструктурних рударских објеката. Ове активности често условљавају иселјавање локалног становништва, а под утицајем прекомерне буке радних машина и издувних гасова, део животињског света почиње да напушта своје станиште, а неке биљне врсте постепено нестају под утицајем све израженије деградације терена.

Са експлоатацијом лежишта почиње да се мења и морфологија околног терена. На једном делу се формирају све већа уздигнућа услед депоновања рудне јаловине, а у другом се јављају улегнућа услед зарушавања кровинских наслага након откопа угља. Ово скупа доводи до локалне деградације сливних подручја и измене водног режима површинских вода, а то има утицаја и на режим подземних вода.

Рудничке воде које се системима за одводњавање испумпавају из јама рудника угља, обично се пуштају да слободно отичу у површинске токове без претходног третмана и пречишћавања (слика 1). Услед хемијског оптерећења, рудничке воде могу имати често

Слика 1 Истицање рудничких вода из затвореног рудника „Јерма“ (фото Б. Миладиновић)

Figure 1 Mine waters emphasis from closed mine „Jerma“ (photo by B. Miladinović)

утицај на промену квалитета површинских и подземних вода, а тиме на животну средину у целини.

Прерадом угља због потребе чишћења од јаловине поступком мокре сепарације стварају се отпадне воде и муљ. Ове воде карактерише јако високи суви остатак (више хиљада mg/l), високи садржаји сулфата (SO_4), гвожђа (Fe), мангана (Mn), алуминијума (Al) и других тешких метала (Миладиновић, 2015). Овим отпадним сепарацијским супстратима се локално загађује

тло, подземне и површинске воде.

Током сагоревања угља у термоелектранама емитује се велика количина загађујућих материја, чађи, пепела, укључујући сумпор-диоксид (SO_2), угљен-диоксид (CO_2), азотне оксиде и живу (ЕРА 2013). Сумпор-диоксид и азотни оксиди учествују у формирању киселих киша, које доводе до повећања киселости земљишта, површинских и подземних вода и остављају последице на биљни и животињски свет. Прекомерна емисија сумпор-диоксида (SO_2) који садрже и ситне честице чађи и прашине могу изазвати оштећења плућа, болести срца и друга обољења. Азотни оксиди доводе до формирања смога који утиче на плућна ткива и тиме пораст респираторних обољења (www.coalpowerairpollution).

Прекомерна емисија угљен-диоксида (CO_2) је главни антропогени узрочник глобалног загревања и климатских промена са којима се свет данас суочава. По оцени „Grinpis“-а (Greenpeace), три четвртине гасова који изазивају ефекат стаклене баште данас у свету настају сагоревањем угља, нафте и гаса.

Данас у Србији је у раду девет термоелектрана: у Обреновцу (ТЕ „Никола Тесла“ А и Б), Лазаревцу (ТЕ „Колубара“ А и Б), Костољцу (ТЕ „Костолац“ А и Б), Свилајнцу (ТЕ „Морава“) и у Обилићу (ТЕ „Косово“ А и Б). Овим термоелектранама се врши емисија штетних материја изнад граничних вредности (ГВ) прописаних од стране ЕУ. Према подацима ЕПС-а, у току 2008. године, сумарна емисија појединих штетних материја из свих термоелектрана је износила:

- честица прашине и пепела 23.569 t/god;
- SO₂ 262.882 t/god;
- NO_x 58.000 t/god.

По подацима Међународне агенције за енергетику (IEA, 2011), Србија има јако лош однос емисије CO₂ према укупном бруто доходу (УБД) и он је знатно изнад вредности ЕУ (податак се односи за 27 чланица, односно пре прикључења Хрватске у ЕУ), слика 2.

Слика 2 Емисија CO₂ од сагоревања угља према укупном бруто доходу (УБД) у неким земљама Европе (Међународна агенција за енергију – IEA, 2011)

Figure 2 CO₂ emissions from the combustion of coal per Gross domestic product (GDP) in some Europe countries (International Energy Agency – IEA, 2011)

Зато данас на путу Србије ка чланству у ЕУ, хармонизација прописа из области заштите животне средине је једна од првих у низу Директива ЕУ која је садржана у законодавству Републике Србије и односи се на Integrated Pollution Prevention and Control – односно IPPC Директиву (96/61/ЕС и нова верзија 2008/1/ЕС). Ова

директива је садржана у Закону о интегрисаном спречавању и контроли загађивања животне средине (Сл. гласник РС, бр. 135/04 и 25/15). Директива IPPC је потом замењена једном од комплекснијих директива ЕУ, односно Директивом о индустријским емисијама (IED 2010/75/EU).

Наведеним директивама се дефинишу мере које имају за циљ спречавање и контролу загађења, како би се постигао високи ниво очувања и заштите животне средине. Конкретно се односе на: а) рационално управљање националним ресурсима; б) деловање на извор загађења у смислу смањења емисије у складу са граничним вредностима емисије; ц) дефинисање граничних вредности емисије на бази примене БАТ технологије (Best Available Technique – Најбоља доступна техника); д) развој процеса размене информација између земаља ЕУ у циљу унапређења и примене БАТ технологије итд. (Миладиновић, 2015).

ГЕОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ЛЕЖИШТА И ПОЈАВА УГЉА У ПИРОТСКОМ КРАЈУ

Најстарије угљоносне стене на простору пиротског краја, односно између Старе планине на северу и Руј планине на југу, јесу карбонски седименти (метаморфисани пешчари и алевролити), који су откривени у усецима Топлодолске и Засковачке реке.

Од мезозојских творевина, значајна је лијаска грестенска фација, представљена конгломератима, пешчарима, кречњацима и глинцима са слојевима угља.

Терцијарни седименти јављају се у бабушничком, пиротском и мазгошом басену, од којих је угљоносан само мазгошки басен (Милаковић, 1966).

Стара планина припада Карпато-балканском луку и представља антиклиналу са осом правца СЗ -ЈИ. Језгро антиклинале је изграђено од кристаластих шкриљаца са интрузијама гранита и гранодиорита, и старих филоидних шкриљаца са дијабазима преко којих су наталожени седименти палеозоица и мезозоица. Простор са угљоносном серијом средњег карбона у структуро-тектонском погледу припада југозападном крилу антиклинале Старе планине. Седиментни слојеви генерално падају ка западу и југозападу. Поред старопланинског подручја са височком зоном, издвојене су још четири веће геотектонске јединице: тимочка зона, ртањско-кучајска зона, сувопланинска зона и навлака Тумбе (Анђелковић, Крстић, Ћирић, Мартиновић и Богдановић, 1977).

Угаљ Старе планине

На југозападним падинама Старе планине развијене су две угљоносне серије са слојевима каменог угља и то карбонске и лијаске старости (слика 3). Угљоносне зоне су узане, са местимичним сужењима и проширењима.

Слика 3 Географски положај лежишта и појава угља у ширем подручју Пирота 1.1. зона простирања слојева угља карбона; 1.2. и 1.3. зона простирања слојева угља лијаса; 2. угљоносни басен „Јерма“; 3. угљоносни басен „Мазгош“

Figure 3 Geographical position of coal appearance and bearing in wider area of Pirot 1.1. Zone spreading layers of coal Carbon; 1.2. and 1.3. Zone spreading layers of coal Lias; 2. Coal basin „Jerma“; 3. Coal basin „Mazgoš“

Седименти угљоносног карбона констатовани су североисточно од села Ђуштица и јужно од Велике турле, између села Засковци и Топли Дол (слика 3).

Карбонски угљоносни седименти леже трансгресивно преко творевина силура и представљени су: конгломератима, пешчарима, силификованим црним лапорцима са два слоја каменог угља

дебљине 0,6 и 0,2 m. Откривени су у узаном појасу ширине од 100 m на СЗ до 500 m на ЈИ и дужине 5 km, правца пружања СЗ-ЈИ.

Седименти угљоносног карбона развијени су у две зоне (Гргуровић и Виденовић 2011):

– *прва зона* се простире на дужини 4–5 km, између Рункула и Товарнице. Пружање слојева је ССЗ – ЈИИ, а слојеви падају према СИ под углом од 35 до 45°. Слојеви су добро откривени и могу се пратити на готово целој дужини од 5 km;

– *друга зона* карбонских седимената налази се између Засковаца и Топлог Дола, јужно од Велике турле. Угљоносна серија је откривена у дубоко усеченим потоцима. Слојеви падају према северу и североистоку. Овде је утврђен слој угља дебљине 0,8 m на изданку и још 4 тања слоја, дебљине 0,1–0,2 m. Ова зона, према позицији изданака, може бити врло интересантна уколико се докаже постојање карбонских творевина испод творевина перма на простору између Засковаца и Јабучког равништа. Овај потенцијални простор могао би имати површину од око 10 km², са слојевима угља који су откривени у Засковцима, дебљине 0,1–0,8 m.

Параметри квалитета угља из истражних радова и изданака представљени су у табели 1.

Табела 1 Показатељи квалитета каменог угља карбонске старости Старе планине (Гргуровић и Виденовић, 2011)

Table 1 Indicators of stone coal quality of carbonic age of Stara planina mountain (Grgurović & Videnović, 2011)

Вред.	Влага (%)	Пепео (%)	S _{укупан} (%)	S _{сагорљив} (%)	S _{у пепелу} (%)	СМ (%)	Кокс (%)	С-fix (%)	ДТЕ (kJ/kg)	ГТЕ (kJ/kg)
min	4,32	15,04	0,46	0,34	0,12	75,55	82,74	62,61	25.324	26.112
max	7,21	20,13	1,48	1,35	0,14	80,25	86,42	70,69	27.570	28.576

Камени угаљ *лијаске старости* Старе планине се јавља у два појаса: Височком, од села Мирковаца, преко Темске и Лукање до бугарске границе, и у Видличком, који почиње код Малог врха изнад Пирота и пружа се до Мазгоша и Бребевице, на бугарској граници (Петковић, 1975), слика 3.

Угљоносна серија представљена је бречама, конгломератима, разнозрним пешчарима, глинцима. Развијен је један угљени слој (главни) који је раслојен на три тања, просечне дебљине 0,2 m. Лијаски угаљ Старе планине припада групи гасних камених угљева, са садржајем сумпора од 0,5 % до 0,7 %, влаге око 2 % и пепела од око 15 %. Вредност горњег топлотног ефекта (ГТЕ) је преко 26 MJ/kg (Петковић, 1975).

Угљоносни басен „Јерма“

Угљоносни седименти лијаске старости јављају се у дугачкој и узаној зони која се протеже од Добре на Дунаву до Старе планине и даље југоисточно у Бугарској. Простор између Суве и Руј планине, према Николићу и Пантићу (1997), био је мањи плитководни залив у коме се формирало лежиште каменог угља „Јерма“ (слика 3).

Експлоатација угља из овог лежишта се одвијала са прекидима до 1962. године (Драшко, 2003) и то у оквиру два ревира: Источни – *Вучиделски ревер* са јамама „Вражији камен“ и „Вражија црква“ и Западни – *Козарнички ревер* са јамом „Воденичиште“.

У тектонском погледу шире подручје басена „Јерме“ припада сувопланинској тектонској јединици и има синклинални облик, који је, уздужним и попречним раседима, издељен на блокове различитих димензија (слика 4).

Слика 4 Геолошки профил терена кроз лежиште угља „Јерма“
(Баштовановић и Бранковић, 2002)

Figure 4 Geological profile of ground through the coal deposit „Jerma“
(Baštovanović & Branković, 2002)

Угљоносни простор је ограничен са два уздужна раседа: Вучидел-Воденичиште и раседом Ракитске реке и представља синклиналу која тоне ка ССЗ, а која је системом уздужних и попречних раседа издељена на крупне блокове (Николић и Пантић, 1997).

Продуктивну серију лијаса граде базални конгломерати преко којих лежи:

– *подински пакет* изграђен од кварцита, кварцних пешчара и конгломерата (8-12 m), као и подинских песковитих, глиених и угљевитих шкриљаца;

– *угљоносни хоризонт* изграђен од два слоја угља, *доњег* (дебљине 1-10 m) и *горњег* (0,2-1,6 m) који су међусобно раздвојени кварцним конгломератима, кварцитима, пешчарима, глиновитим пешчарима и међуслојем угља (дебљине 0,2-0,5 m);

– *повлатни пакет* изграђен од угљевитих шкриљаца мале дебљине (0,1-0,3 m), затим кварцита, пешчара и конгломерата, укупне дебљине од 40 до 60 m.

Дебљина угљоносне серије креће се од 19 до 21 m. Главни (подински) угљени слој је варијабилне дебљине (од 0,5 m до 8 m) и нехомогене грађе, са сочивастим задебљањима. Повлатни угљени слој је уједначене дебљине (0,8-1,6 m) и грађе, без уметака јаловине (Николић и Пантић, 1997).

Угаљ из басена Јерме је црне боје, сјајан и неравног прелома. Припада групи посних камених угљева са ниским садржајем влаге (1-3%), испарљивих материја (10-15%) и високим средњим садржајем пепела (око 40%). Доња топлота сагоревања без влаге и пепела креће се у интервалу од 30 до 34 MJ/kg. Укупне билансне резерве, на основу стања из 1982. године, износе нешто мање од 13 милиона тона угља. Угаљ се може употребити за производњу металуршког кокса и у цементној индустрији.

Мазгошки угљоносни басен

Мазгошки басен се налази на јужним падинама Видлича, у подручју села Мазгош, Протопопинци, Смиловци и Одоровци (слика 3). Површина басена је око 2,5 km² (Петковић, 1975). У геотектонском погледу представља ров (ширине 3-4 km и дужине преко 12 km) настао радијалном тектоником у неогену и касније (плиоцен) испуњен језерском водом. Северозападни део басена (Одоровци) је непродуктиван, за разлику од југоисточног (Мазгош). Према Костићу (2006), издвојена су три угљоносна поља: Ждимерице-Јеремиште, западно од села Мазгош; Циганско врвиште код села Мазгош; Ћутуци, источно од села Мазгош. Експлоатација угља у овом басену је вршена рудником „Видлич“.

Литолошки састав неогених седимената представљен је базалним кластичним седиментима, затим *подинским седиментима*, дебљине 10-15 m (разнобојне глине); *угљоносним делом* са два слоја угља, дебљине 1 до 40 m, и *повлатним делом*, дебљине до 50 m (глине, песак, шљунак у преслојавању), слика 5.

Слика 5 Геолошки профили бушотина М-1 и М-10 у мазгошком угљоносном басену (према Милаковићу, 1966)

Figure 5 Geological profile of the borehole M-1 and M-10 in coal basin „Mazgoš“ (by Milaković, 1966)

Развијена су два слоја угља, главни, подински (доњи део продуктивне серије) угљени слој варијабилне дебљине (6-19 m, средње 8 m) и повлатни, средње дебљине до 2 m. Лежиште је једноставне грађе са благим падовима ка централним деловима басена.

Угаљ припада неким мрким угљевима земљастог типа (средња рефлексја хуминита износи $0,26 \pm 0,04$ Rr). Средњи садржај влаге износи 49,11%, пепела 20,53%, сумпора 2,27%, испарљивих материја 74,01 %, вредност доњег топлотног ефекта (ДТЕ) износи 5,4 MJ/kg.

Резерве су обрачунате само за угљоносно поље „Ћутуци“ и износе 6,51 милиона тона (укупне геолошке резерве А+Б+Ц₁ категорије), од чега су билансне 2,87 милиона тона (Костић, 2006).

РЕЗУЛТАТИ ХИДРОГЕОЕКОЛОШКИХ ИСТРАЖИВАЊА УТИЦАЈ РУДНИЧКИХ ВОДА ЗАТВОРЕНИХ РУДНИКА УГЉА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ

Након затварања рудника „Јерма“ и „Видлич“, експлоатација угља у пиротском крају је потпуно престала. Као и у другим деловима Србије, напуштеним рударским јамама, поткопима и другим

Слика 6 Део срушеног сепарацијског постројења рудника „Видлич“
(фото: Б. Миладиновић)

Figure 6 Part of demolished separation plant in mine „Vidlič“ (photo by B. Miladinović)

рударским објектима, пажња није придавана, па чак ни када је у питању физичко обезбеђење прилаза који су потенцијално опасни првенствено по безбедност локалног становништва (слика 6).

Данас, најизраженији утицај на животну средину имају рудничке воде које слободно истичу из напуштених рударских поткопа и зарушених рударских окана. Ове отпадне рудничке воде отичу у површинске токове и на тај начин се загађење преноси на већи простор.

У погледу основног хемијског састава, рудничке воде које су испитиване током 2010. и 2013. год. (Миладиновић, 2015), карактерише висока минерализација (до 2083,6 mg/l рудник „Видлич“).

Према класификацији Алекина, рудничке воде рудника „Јерма“ припадају сулфатној или хидрокарбонатној класи, калцијској групи II типа ($S_{II0,65}^{Ca24,5}$, $C_{II0,5}^{Ca17,2}$), а рудничке воде рудника „Видлич“ су изразито сулфатне класе, калцијумске групе II типа ($S_{II2,08}^{Ca79,2}$), слика 7.

С обзиром на овај хемијски састав, извршена је анализа утицаја рудничких вода према граничним вредностима које су прописане за добар еколошки статус површинских вода, односно за класу II, чему се тежи у постизању (Уредба о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним

водама и седиментима и роковима за њихово достизање, „Сл. гласник РС“ бр. 50/2012, Прилог 1. – Површинске воде, Табела 1. – Граничне вредности загађујућих материја у површинским водама, Табела 3. – Граничне вредности загађујућих материја за добар еколошки статус односу II класу површинских вода).

Слика 7 Упоредни радијални дијаграм сулфатних рудничких вода рудника „Јерма“ и „Видлич“

Figure 7 Comparative radial diagrams of sulphat mine waters from „Jerma“ and „Vidlic“ mines

Полазно становиште од ког се пошло при овој анализи било је у издвајању параметара хемијског састава рудничких вода, који нису пожељни да се нађу у површинским водама и то за минимум услова II класе, јер она обезбеђује на основу граничних вредности елемената квалитета услове за функционисање екосистема, живот и заштиту риба (ципринида), да се могу користити за снабдевање воде за пиће (уз претходни лаки третман филтрацијом и дезинфекцијом), купање и рекреацију, наводњавање, индустријске процесе, употребу као расхладне воде и др., како је то прописано *Правилником о параметрима еколошког и хемијског статуса површинских вода и параметрима хемијског и квантитативног статуса подземних вода* („Сл. гласник РС“, бр. 74/2011).

Као следећи корак у овој анализи био је у утврђивању типа површинских вода у које се врши испуштање рудничких вода и то сагласно *Правилнику о утврђивању водних тела површинских и подземних вода* („Сл. гласник РС“, бр. 96/2010). У подручју рудника „Јерма“ отпадне рудничке воде прихвата поток Козник и Вучеделски поток у сливу Ракитске реке на приближно 780-800 m н. в., а у подручју рудника „Видлич“ прихвата Мазгошка река на око 700 m н. в., која је у сливу Забрдске реке (десне притоке Нишаве у Бугарској). На основу тога, наведени водотокови припадају

површинским водама ТИП 6 и тиме су према *Уредби о граничним вредностима емисије загађујућих материја у воде и рокове за њихово достизање* („Сл. гласник РС“, бр. 67/2011, Прилог 2, Глава I – Технолошке отпадне воде, Поглавље 3. – Граничне вредности емисије отпадних вода из постројења и погона за производњу брикета мрких угљева, Табеле 3.1. – Граничне вредности емисије на месту испуста у површинске воде), дефинисане граничне вредности емисије (ГВЕ) загађујућих материја.

Сprovedеном анализом је потврђено да се према обиму испитиваних параметара хемијског састава отпадних рудничких вода врши емисија загађујућих материја изнад прописаних ГВЕ (слика 8).

У подручју затвореног рудника угља „Јерма“ на Руј планини, отпадним рудничким водама се врши значајно прекорачење емисије гвожђа (Fe), мангана (Mn) и сулфата (SO₄), слика 8 и 9.

Слика 8 Приказ загађујућих материја у рудничким водама рудника „Јерма“ и „Видлич“ које су изнад граничних вредности емисије за II класу квалитета површинских вода

Figure 8 Review of the pollutants emission in mine waters of mine „Jerma“ and „Vidlič“, exceeding the limit values emission for the 2nd class of surface waters

У рудничким водама из поткопа у козничком ревиру утврђени су садржаји гвожђа $\text{Fe} = 6,7 \text{ mg/l}$ (ГВЕ = $0,5 \text{ mg/l}$). Присуство гвожђа (Fe) у рудничким водама представља последицу оксидације сулфида гвожђа у угљу и угљоносним седиментима, као и других сулфида и сулфосола са садржајем гвожђа. Као и у природним водама, тако и у рудничким водама лежишта угља, гвожђе се налази у двовалентном облику као феријон (Fe^{2+}), али у оксидационој зони и уз учешће често гвожђевитих бактерија, прелази у тровалентно гвожђе (Fe^{3+}) и то брже уколико је средина алкалнија.

Гвожђе у рудничким водама прате и манганова једињења и то у облику хидрокарбоната-мангана $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$, а у дубљим деловима лежишта у облику сулфата мангана. У испитиваним рудничким водама из јаме у козничком ревиру регистровани су максимални садржаји мангана $\text{Mn} = 0,4 \text{ mg/l}$ (ГВЕ = $0,1 \text{ mg/l}$).

Сулфатне рудничке воде су јако карактеристичне за лежишта угља. Велики значај код обогаћења како рудних, тако и рудничких вода јонима сулфата, имају процеси оксидације угља у угљоносном хоризонту, у коме сумпор може имати *органско* порекло које потиче из протоплазме биљних ћелија, или *сулфидно* порекло када је везано за сулфидне минерале (пирит, халкопирит, галенит), као и *сулфатно* када је везано за гипс, анхидрит и др.

Слика 9 Рудничке воде из затворене јаме у козничком ревиру (рудник „Јерма“) (фото Б.Миладиновић)

Figure 9 Mine waters from closed pit in Koznik mine district (mine „Jerma“) (photo by B. Miladinović)

У рудничким водама из козничког ревира је регистрован садржај сулфата од $\text{SO}_4 = 260 \text{ mg/l}$ (ГВЕ = 100 mg/l).

Незнатна прекорачења ГВЕ су регистрована за арсен As (нађена вредност је $0,015 \text{ mg/l}$ а ГВЕ = $0,01 \text{ mg/l}$), као и за pH вредност (нађена вредност је 6,45, док се ГВЕ крећу у распону 6,5-9,0).

У подручју затвореног рудника угља „Видлич“ на Старој планини, отпадним рудничким водама из старих рударских радова (слика 10) врши се емисија загађујућих материја изнад граничних вредности и то за: амонијум јон (NH_4), нитрате (NO_3), манган (Mn), сулфате (SO_4).

Слика 10 Рудничке воде из затвореног рудника угља „Видлич“
(фото Б. Миладиновић)

Figure 10 Mine waters from the closed coal mine „Vidlič“
(photo by B. Miladinović)

Ове рудничке воде имају двоструко веће вредности минерализације и електропроводљивости у односу на прописане ГВЕ (слика 8).

Амонијум јон (NH_4) у рудничким водама рудника „Видлич“ је најкарактеристичнији параметар којим се врши загађење Мазгошког потока. Његово присуство указује на реакцију нитратног јона или труљење органске материје. Нађени садржај амонијум јона у рудничкој води износи $\text{NH}_4 = 5,49 \text{ mg/l}$, што је знатно изнад ГВЕ = $0,1 \text{ mg/l}$ (слика 8). Поред тога, рудничке воде карактерише и јако високи садржај јона сулфата $\text{SO}_4 = 967,5 \text{ mg/l}$ (ГВЕ = 100 mg/l), као и

нитрата $\text{NO}_3 = 11,7 \text{ mg/l}$ (ГВЕ = $3,0 \text{ mg/l}$) и мангана $\text{Mn} = 0,38 \text{ mg/l}$ (ГВЕ = $0,1 \text{ mg/l}$).

Наведеним рудничким водама из затворених рудника угља на Старој и Руј планини код Пирота посебно су угрожени мањи површински токови и то при нижим водостајима, јер истицања рудничких вода из појединих старих радова могу износити у неким периодима године и преко 10 l/s . Из тог разлога се истиче овај проблем, јер рекултивацији земљишта након завршене експлоатације минералне сировине и заштити животне средине у Србији се веома често не придаје посебна пажња без обзира на постојање јасне законске регулативе из те области.

ЗАКЉУЧАК

На основу спроведених хидрогеоеколошких истраживања лежишта угља у источној Србији током 2010. и 2013. год, констатовано је да рудничке воде из затворених рудника угља „Јерма“ и „Видлич“, према критеријумима за добар еколошки статус површинских вода, односно II класу површинских вода, садрже загађујуће материје изнад граничних вредности емисије. Услед њиховог неконтролисаног испуштања, загађују се воде површинских токова на ширем простору.

Под посебним еколошким оптерећењем је Мазгошки поток на Старој планини због испуштања рудничких вода из старих радова рудника „Видлич“. На Руј планини утицај има затворени рудник „Јерма“ и то услед истицања рудничких вода из старих радова козарничког ревира у поток Козник, као и из вучиделског ревира у Вучиделски поток. Проблем је наглашен у том погледу што ови водотокови често примају количину отпадних рудничких вода која је већа од њиховог самог протицаја, па су у тим периодима загађења и најизраженија.

Спроведеним хидрохемијским испитивањима рудничких вода констатовано је да су најмања прекорачења емисије загађујућих материја регистрована за арсен (As) и рН вредност, док су за минерализацију (M), електропроводљивост, сулфате (SO_4), амонијум јон (NH_4), нитрате (NO_3), гвожђе (Fe), манган (Mn), прекорачења садржаја знатнија, а у неким случајевима износе десетине пута више од прописаних граничних вредности.

ЛИТЕРАТУРА

- Анђелковић, Ј., Крстић, Б., Ћирић, А., Мартиновић, Д., Богдановић, П. (1977). *Тумач за листове Пирот и Брезник*, Београд, Завод за геолошка и геофизичка истраживања.
- Баштовановић, А., Бранковић, Б. (2002). *Елаборат о резервама каменог угља басена „Јерма“ – СО Бабушница*, Београд, Геозавод ИМС.
- Драшко, З. (ур.) (2003). *Геолошки услови за савремено подземно откопавање угља у Србији*, Београд, Рударско-геолошки факултет.
- Гргуровић, Д., Виденовић, М. (2011). *Студија потенцијалности угљоносног карбона у Карпато-балканској области источне Србије*, Годишњи извештај за 2011. годину, Београд, Геолошки завод Србије.
- IEA Statistics. (2011). CO₂ Emissions from fuel combustion Highlights (2011 edition). Paris, International Energy Agency.
- Komatina, M. (1990). *Hidrogeološka istraživanja : primenjena hidrogeologija. Knj. 3*, Beograd, Geozavod.
- Костић, А. (ур.) (2006). *Прогнозна и геолошко-економска оцена ресурса и резерви фосилних горива Србије*, Извештај за 2006. годину, Београд, Рударско-геолошки факултет.
- Миладиновић, Б. (2015). *Хидрогеоеколошки услови експлоатације камених и мрких угљева Србије*. Докторска дисертација. Београд, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет.
- Милаковић, Б. (1966). О угљоносном неогену код Мазгоша. *Весник Геозавода*, 24-25, 185-198.
- Николић, П., Пантић, Р. (1997). *Сировински потенцијали и могући развој угљарства Србије*, Београд, Наука.
- Петковић, К. (ур.) (1975). *Геологија Србије. VII, Каустобиолити*, Београд, Завод за регионалну геологију и палеонтологију Рударско-геолошког факултета.

Примљено/ Received on 08.08.2016.
Прихваћено/ Accepted on 20.09.2016.