

ПЕПЕЛООБРАЗУВАЩИ ЕЛЕМЕНТИ ВЪВ ВЪГЛИЩА ОТ ГОЦЕДЕЛЧЕВСКИЯ БАСЕЙН, БЪЛГАРИЯ

Йордан Кортенски, Александър Здравков

Минно-геоложки университет "Св. Ив. Рилски", София 1700, България; jordan_kortenski@abv.bg, alexzdravkov@abv.bg

РЕЗЮМЕ. Опробвани са лигнитни пластове от Гоцеделчевския басейн, който е част от Струмско-Местенската въглищна провинция, ситуирана в югозападна България. С изключение на Ti и P, съдържанието на главните елементи във въглищата е по-високо от средното за света по Valkovic (1983). Във въглищните глини надкларкови са концентрациите само на S, Ca, Mg и Al. Последните три елемента са с най-високи съдържания в изследваните въглища в сравнение с останалите въглища от Струмско-Местенската въглищна провинция. Това е резултат на грунтово подхранване от мраморите и доломитизирани мрамори на Добранската свита от запад и на повърхностно подхранване от гнайсите на Бойковската и Бачковската свити, които изграждат част от бреговата ивица на басейна от изток. Преобладаващ органичен афинитет проявяват Ca, S, Fe, Mg, Mn, Na и P, докато Si, Al, Ti и K са с преобладаващ неорганичен афинитет. Чрез диаграма на киселинността на средата е определена стойността на pH, която варира в широки граници – от 3,5 до 6,5, средно около 5. Изчисленият индекс на подхранване на торфеното блато (SI) определя смесено подхранване, като в отделни етапи от развитието на блатото преобладава грунтовото или повърхностното подхранване.

Ключови думи: *лигнити, пепелообразуващи елементи, органичен и неорганичен афинитет, киселинност на средата, индекс на подхранване, Гоцеделчевски басейн.*

MAJOR ELEMENTS IN COALS FROM GOTSE DELCHEV BASIN, BULGARIA

Jordan Kortenski, Alexandar Zdravkov

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, Bulgaria; jordan_kortenski@abv.bg, alexzdravkov@abv.bg

ABSTRACT. Lignite seams from Gotse Delchev Basin, which belongs to the Struma-Mesta Coal Province from south-western Bulgaria, were sampled. With the exception of Ti and P, the concentration of the other major elements in the studied samples is higher than the World average values (Valkovic, 1983). Within the carbonaceous shale samples S, Ca, Mg and Al contents are higher than the Clarke values. Moreover, Ca, Mg and Al show the highest concentrations among the coals from the whole Struma-Mesta Province. This is interpreted as a result of the active groundwater supply of Ca and Mg from the marbles and dolomitic marbles of the Dobrostan Formation, which occupy significant areas from the Basin's western margin. In addition, intensive siliciclastic supply from the Boikovo and Bachkovo Formations gneisses, which compose parts of the eastern margin of the coal basin, is the most probable reason for the significantly elevated Al concentrations. Calcium, S, Fe, Mg, Mn, Na and P show predominantly organic affinity, whereas Si, Al, Ti and K are mostly inorganically bound. The environmental acidity (pH) during peat formation is determined on a pH diagram. The results indicate that peat accumulation processed in acidic settings with pH in the range between 3.5 and 6.5 (average ~5). The calculated Supply Index (SI) indicates mixed groundwater/surface inorganic supply, with the former or latter predominating in particular stages of basin development.

Keywords: *lignites, major elements, organic and inorganic affinity, environmental acidity, supply index, Gotse Delchev basin.*

Въведение

Гоцеделчевският въглищен басейн се намира в Юго-западна България. Той е част от Струмско-Местенската въглищна провинция, в която въглеобразуването е свързано с Неогенския период. Петрографски изследвания на въглищата от басейна са проведени от Шишков (1988), Кортенски, Здравков (2010), Kortenski, Zdravkov (2011). Eskenazy, Stefanova (2007) описват елементите-примеси и някои пепелообразуващи елементи и тяхното разпределение. Целта на настоящата работа е да се определи съдържанието и разпределението на пепелообразуващите елементи в лигнитите от Гоцеделчевския басейн, а чрез тях и параметрите на средата в древното торфено блато.

Кратки бележки за геологията на Гоцеделчевския въглищен басейн

Литостратиграфия

В района на басейна основно са представени скали с докамбрийска възраст, които са поделени в 6 литостратиграфски единици, обединени на представената в работата геоложка карта (фиг. 1): *Богутевска плагиогнайсова свита*. Изградена е от долнопротерозойски биотитови, по-рядко мусковит-биотитови и амфиболови гнайси с лещи от мрамори, с дебелина от 600 до 800m (Кожухаров, Маринова, 1994); *Въчанската свита* е разпространена източно от басейна и е представена от долнопротерозойски биотитови, амфибол-биотитови, двуслюдени и амфиболови гнайси, лептинити, амфиболити,

мрамори, гнайсошисти и шисти с дебелина около 700-900m (Кожухаров, Маринова, 1994); *Бойковска свита* – представена е в североизточната и южната част на разглеждания район. В състава на свитата влизат двуслюдени и биотитови гнайси, с дебелината до 800m (Кожухаров, Маринова, 1994); *Бачковска свита* – заедно с Бойковската свита изгражда значителни площи от бреговата ивица на Гоцеделчевския басейн от изток-североизток. Изградена от мусковитови, биотитови и двуслюдени лептинити с дебелина до 900m (Кожухаров, Маринова, 1994); *Луковишка гнайсошистова и шистова свита* с дебелина от 500 m включва разнообразни гнайси, гнайсошисти и шисти, мрамори и амфиболити, разкриващи се на места западно от възглищния басейн, сред скалите от Добростанската свита (Кожухаров, Маринова, 1994); *Добростанска мраморна свита*, изградена от мрамори и доломитни мрамори, прослоени от калкошисти, гнайсошисти и амфиболити с дебелина до 1000 m и Къснопротерозойска-Рифейска възраст (Кожухаров, Маринова, 1994). Свитата е широко разпространена в района, като изгражда западната брегова ивица на неогенския басейн.

Описаните докамбийски високометаморфни скали са пресечени от горнокреден (?) интрузивен комплекс (фиг. 1; Кожухаров, Маринова, 1994), който в района е представен от биотитови гранити с преход към амфибол-биотитови гранити и гранодиорити (Тешовски плутон) западно от Гоцеделчевския басейн и биотитови до мусковитови гранити (Долнодряновски плутон) на изток.

Палеогенските скали в района на Гоцеделчевския басейн (фиг. 1) са представени от *долна брекчоконгло-мератна задруга* (горноеоценски конгломерати, брекчоконгломерати, изклинващи пластове от пясъчници с дебелина до 1000m) и *вулканогенно-седиментен комплекс*, изграден от горноеоценски до средноолигоценски конгломерати с прослойки от аркозни пясъчници, алевролити и възглища, туфи, туфити и туфозни пясъчници и вулканити (трахириодацити, трахидацити, риодацити и дацити) (Кожухаров, Маринова, 1994).

Въгленосните неозойски скали са поделени от Вацев (1980) на три свити: *Валевишка свита*, изградена от валунни конгломерати с брекчоконгломератни прослойки и едро- до дребнозърнести пясъчници с обща дебелина до 100 m (фиг. 1). Възрастта ѝ е определена като понт-дакса (Вацев, 1980). *Балдевска свита* - средно- до дребнокъсови конгломерати, пясъчници, алевролити, глини, диатомити и възглища. Възглищните пластове са привързани към долната и горната част на свитата и са до 14 на брой. Общата дебелина на наслагите е 100-250 m (фиг. 1). Възрастта на свитата е понт-дакса (Вацев, 1980). *Неврокопската свита* е изградена от разнокъсови конгломерати, от дребно- до грубозърнести пясъчници с про-слойки от дребнокъсови конгломерати и брекчоконгломерати, алевролити и пясъчливи глини (фиг.

1) с плиоценска (романска) възраст (Вацев, 1980). Дебелината ѝ варира от 50-100 до 300 m.

Кватернерните образувания са представени преди всичко от пролувиални и алувиални седименти. Последните имат значително развитие по долините на р. Места. Представени са от чакъли, валуни и разнокъсови пясъци с дебелина до 28m. Те са руслови, от заливните тераси и от I и II надзаливни тераси (Кожухаров, Маринова, 1994). Пролувиалните образувания са засебени като наносни конуси в периферията на котловините.

Тектонски строеж на басейна

Въгленосният неоген е отложен в южната част на Местенския грабен, който е оформен от разломите на Местенската разломна зона с посока 280-290 до 300-330° (фиг. 1). По-големи разломи в района са: Огняновски (разделя скалите на Балдевската свита от тези на Бойковската); Гърменски (разделя Балдевската от Неврокопската свита); Вълкоселски; Блатски; Бесленски (Кожухаров, Маринова, 1994).

Материал и методика на изследване

Възглищата от Гоцеделчевския басейн са опробвани браздово в 27 забоя. Пробите за химичните анализи на възглища са стрити до размери <250 µm в Лабораторията по органична петрология към катедра "Геология и проучване на полезни изкопаеми". За установяване на геохимичната им характеристика, възглищата са опепелени при температура от 800°C в ЦНИЛ „Геохимия“. Главните елементи, изграждащи пепелта на възглищата и възглищните глини са определени чрез силикатен анализ, съгласно стандарт ISO 11535-2002. За целта пепелта е приведена в разтворено състояние чрез третиране с азотна киселина, след което полученият разтвор (0,1-250ml) е анализиран на спектрален анализатор ICP-VISTA-MPX SIMULTANEOUS CCD. Количественото определяне на съответните оксиди е направено със стандартни вещества. Резултатите са обработени на персонален компютър като е извършен йерархичен клъстер анализ по средно претегления метод с програма STATISTICA ModuleSwitcher.

Резултати и обсъждане

Съдържание на пепелообразуващите елементи в гоцеделчевските възглища

Във възглищната пепел с най-високо средно съдържание е SiO₂, значително е и количеството на оксидите на Al, Ca, Fe и S (табл. 1). Най-ниско е съдържанието на MnO и P₂O₅ в пепелта и на възглищата, и на възглищните глини. В пепелта на последните с най-висока концентрация са SiO₂ и Al₂O₃ (табл.

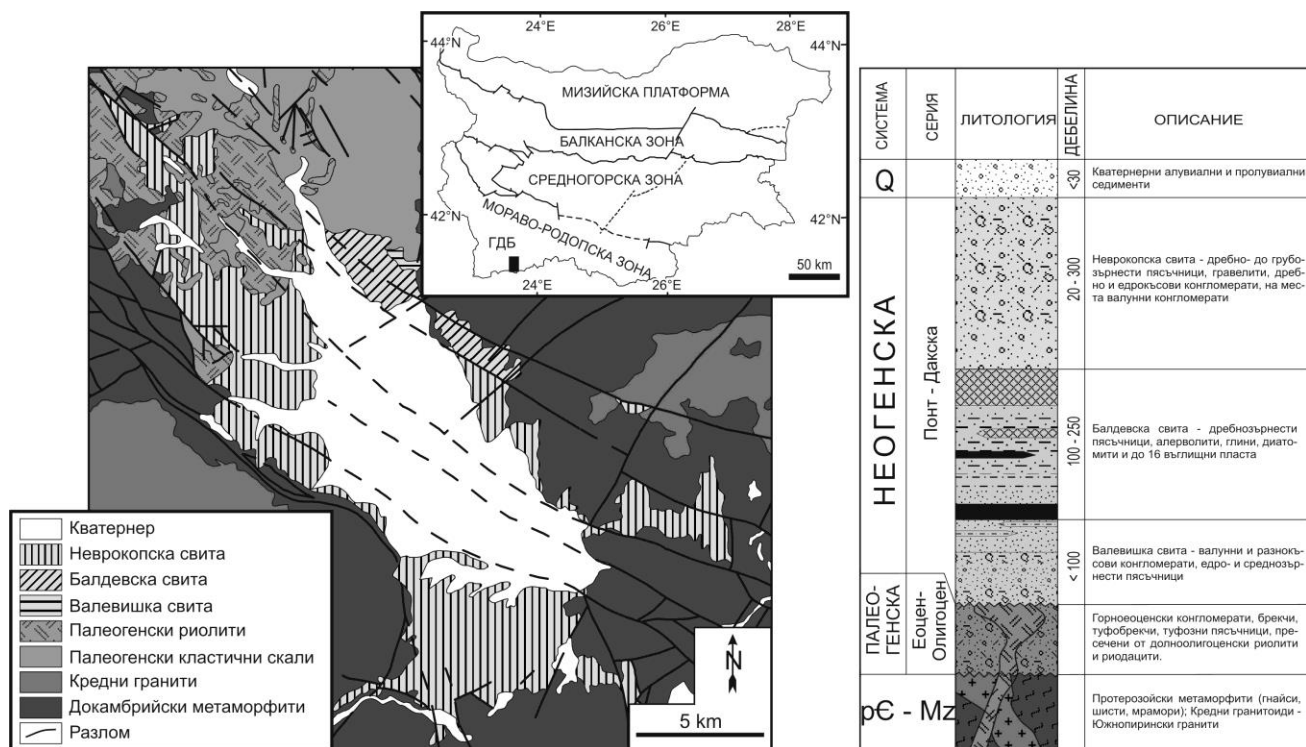


Таблица 1

Съдържание на оксидите на пепелообразуващите елементи в пепелта на гоцеделчевските въглища

Оксиди	Средно съдържание (wt, %) в пепелта на		В/ВГ	Коефициент на корелация с пепелта
	въглища (В)	въглищни глин (ВГ)		
SiO ₂	32,20	51,70	0,6	+0,85
Fe ₂ O ₃	13,60	5,10	2,7	-0,73
TiO ₂	0,38	0,55	0,7	+0,80
Al ₂ O ₃	18,80	27,50	0,7	+0,80
MnO	0,26	0,06	4,3	-0,79
CaO	18,10	4,80	3,8	-0,80
MgO	4,90	4,20	1,2	-0,34
Na ₂ O	0,46	0,06	7,7	-0,69
K ₂ O	0,84	1,16	0,7	+0,51
P ₂ O ₅	0,11	0,06	1,8	-0,34
SO ₃	10,20	4,50	2,3	-0,60
A ^d	18,65	52,40		

1). По време на торфогенезата подхранването явно е било, както повърхностно с теригенен материал, така и грунтово, докато при отлагането на материала за образуване на въглищните глин е доминирало повърхностното подхранване с теригенен материал. Съдържанието на елементите във въглищата надвишава средното за света за почти всички елементи с изключение на Ti и P, при които е околорларково (табл. 2). В таблица 3 е направено сравнение на концентрацията на елементите във въглищната пепел на Гоцеделчевския басейн с тази от други басейни от Струмско-Местенската въглищна провинция.

Таблица 2

Съдържание на пепелообразуващите елементи в гоцеделчевските въглища и тяхната пепел

Елемент	Средно съдържание (wt, %) в пепелта на		Кларк за глин ¹ (wt, %)	Средно съдържание (wt, %) във въглищата	Средно за света ² (wt, %)
	въглища	въглищни глин			
Si	15,04	24,14	26,9	5,36	2,8
Fe	9,52	3,57	4,72	1,78	1,0
Ti	0,23	0,33	0,46	0,04	0,05
Al	9,96	14,58	8,0	1,86	1,0
Mn	0,20	0,05	0,085	0,04	0,01 ³
Ca	12,92	3,43	0,94	2,41	1,01
Mg	2,94	2,52	0,60	0,91	0,02
Na	0,34	0,04	0,96	0,06	0,02
K	0,70	0,96	2,66	0,13	0,01
P	0,05	0,03	0,07	0,01	0,013 ³
S	4,08	1,80	0,24	0,76	н.д.

1 – по Turikian and Wederpohl (1961); 2 – по Valkovic (1983); 3 – по Ketris and Yudovich (2009).

Количеството на Al, Ca, Mn и Mg е най-голямо в изследваната въглищна пепел. Прави впечатление, че същите елементи без Mn са с надкларкови съдържания и в пепелта на въглищните глин (табл. 2), което показва един и същ източник на подхранване на торфеното блато по време на торфогенезата и при отлагане на глинестите прослойки. За Ca и Mg най-вероятно този източник са мраморите от Добрушанската мраморна свита от запад, а за Al – гнайсите на Бойковската и Бачковската свити от изток. Количеството на P и Na е най-малко както в пепелта на въглищата в сравнение с останалите от Струмско-

Местенската провинция, така и в пепелта на въглищните глини, в сравнение с кларковото (табл. 2 и 3).

Съдържанието на останалите елементи във въглищната пепел е около средното за провинцията (табл. 3). Във въглищните глини надкларкова е и концентрацията на S, докато останалите елементи са с подкларкови количества, като това е особено значително за P и Na, както и при въглищната пепел (табл. 2).

Таблица 3

Съдържание на пепелообразуващите елементи в пепелта на въглища от Струмско-Местенската провинция

Елемент	Средно съдържание (wt,%) в пепелта на въглища от			
	Гоце Делчев	Кюстендил ¹	Ораново ¹	Катрище ¹
Si	15,04	12,20	7,50	19,00
Fe	9,52	13,80	6,52	29,60
Ti	0,23	0,21	0,26	0,29
Al	9,96	8,30	2,77	6,08
Mn	0,20	0,04	0,08	0,06
Ca	12,92	2,80	1,90	2,00
Mg	2,94	2,50	2,40	0,90
Na	0,34	2,15	1,98	0,45
K	0,70	0,92	0,61	0,07
P	0,05	0,24	0,32	0,08
S	4,08	3,90	10,0	0,74

1 – данни на Кортенски (2011).

Привързаност на пепелообразуващите елементи към органичното вещество на въглищата

Елементи с преобладаваща привързаност към органичното вещество (преобладаващ органичен афинитет)

В изследваните въглища такива са Fe, Ca, S, Mg, Mn, Na и P. Техните концентрации са по-високи в пепелта на въглищата от тези в пепелта на въглищните глини ($B/B_G > 1,1$) и коефициентите им на корелация с пепелното съдържание са отрицателни (табл. 1). Количеството им намалява с увеличаване на пепелността на въглищата (фиг. 2).

Желязо. Eskenazy, Stefanova (2007) установяват 2 пъти по-ниско съдържание на Fe в гоцеделчевските въглища. Органичната форма на елемента е преобладаваща, предимно сорбционна, която според Войткевич и др. (1983), е като комплексни метало-органични съединения. Макар и с не особено високо съдържание, Fe присъства в растителните останки (средно около 0,014% по данни на Bowen, 1966), така че е възможна и биогенна органична форма. Минералната форма на Fe е свързана предимно със сулфиди и най-вече пирит. Наблюдава се положителна корелация на елемента със сярата (фиг. 2,з), която се обуславя най-вероятно именно на пирита, но е възможно и на присъствието на сулфати. Освен това Fe може да се

среща под формата и на карбонати, тъй като положителният коефициент на корелация със сярата не е с много висока стойност.

Калций. Концентрацията на Ca намалява с нарастване на пепелното съдържание на въглищата (фиг. 2,а), поради което коефициентът му на корелация с пепелта е отрицателен, с висока стойност (табл.1). Органичната форма на Ca е биогенна и сорбционна. Последната е свързана с хумати и фулвати (Войткевич и др., 1983). Биогенната му форма на присъствие е много вероятна, тъй като съдържанието на елемента в растенията е 1,8% (Bowen, 1966). Възможна е и минерална форма на присъствие на Ca, но количеството в изследваните въглища не е голямо. Тя е свързана предимно със собствени карбонатни и сулфатни минерали.

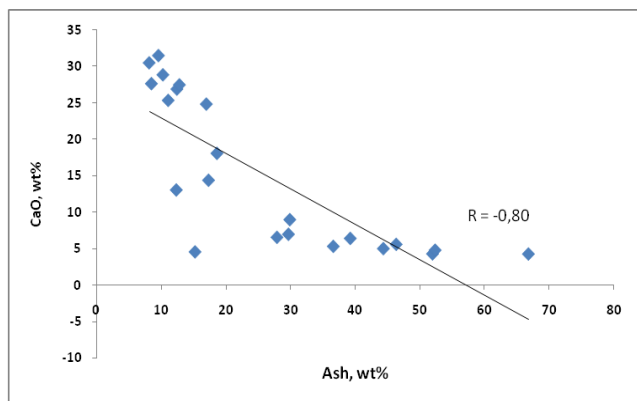
Магнезий. Концентрацията на Mg намалява с нарастване на пепелното съдържание на въглищата (фиг. 2,в). Съдържанието му в растенията е 0,32% (Bowen, 1966), поради което е възможна биогенна форма. Сорбционната форма, подобно на Ca, е свързана с хумати и фулвати (Войткевич и др., 1983). Минералната форма на Mg е свързана предимно с карбонати.

Сяра. Киселата среда в торфеното блато е причина сярата да се фиксира предимно в органичното вещество. Според Given and Wysse (1961) тиолите, тиофените и тиопироните са основни органични форми на сярата във въглищата. Твърде е възможна и биогенна форма, тъй като съдържанието на елемента в растителна пепел е 5% (Войткевич и др., 1983). Минералната форма на S е свързана предимно с пирита, на което се дължи положителната корелация с Fe (фиг. 2,з). Част от количеството ѝ може да се дължи и на сулфатите.

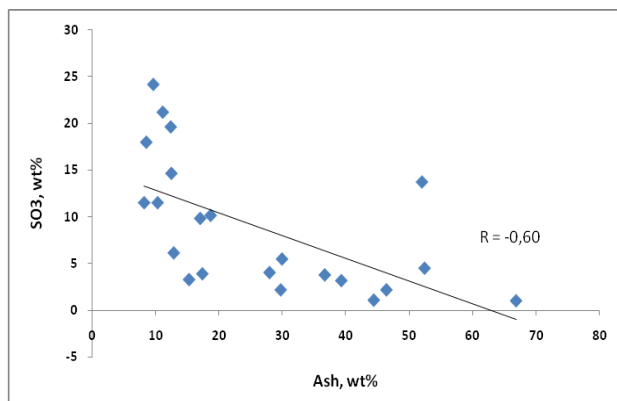
Манган. Eskenazy, Stefanova (2007) установяват близко до изложеното в таблица 2 съдържание на елемента в гоцеделчевските въглища. Концентрацията на Mn намалява с увеличаване на пепелното съдържание (фиг. 2е). Органичната му форма е като комплексни метало-органични съединения, докато минералната е свързана най-често с карбонатите и количеството ѝ не е голямо.

Натрий. Eskenazy, Stefanova (2007) установяват близо 2 пъти по-високо съдържание на Na в гоцеделчевските въглища. На фигура 2,ж се вижда, че с увеличаване на пепелността, намалява концентрацията на Na, която е подкларкова във въглищните глини и надкларкова, макар и не висока във въглищата (табл. 1). Доминиращата органична форма е свързана предимно с хумати и фулвати, които според Войткевич и др. (1983), са типичната сорбционна форма на присъствие за Na.

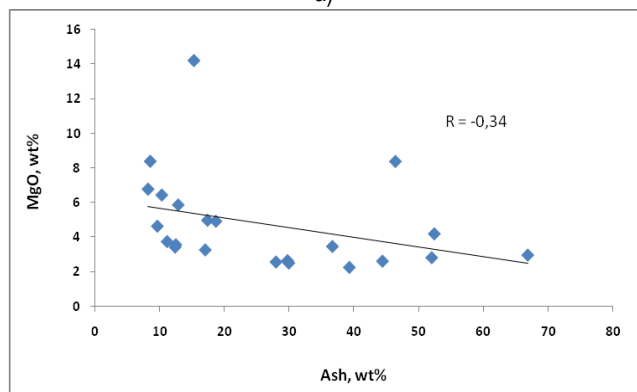
Част от органичната форма на присъствие може да бъде биогенна, тъй като съдържанието на Na в растения на суха маса е 0,12% (Bowen, 1966). Минералната форма на Na може да бъде свързана с глинестите минерали или други силикати.



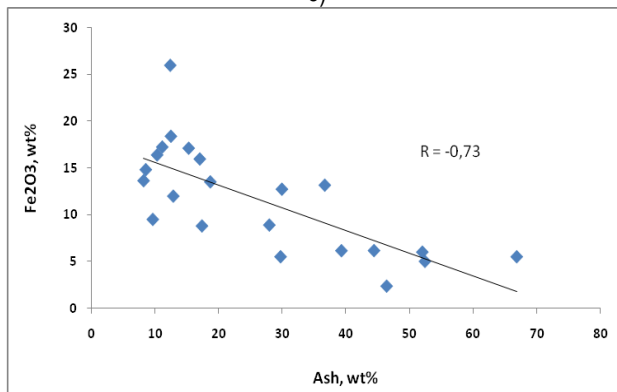
а)



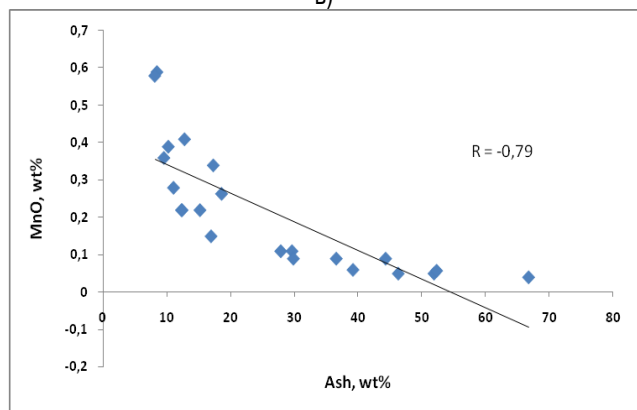
б)



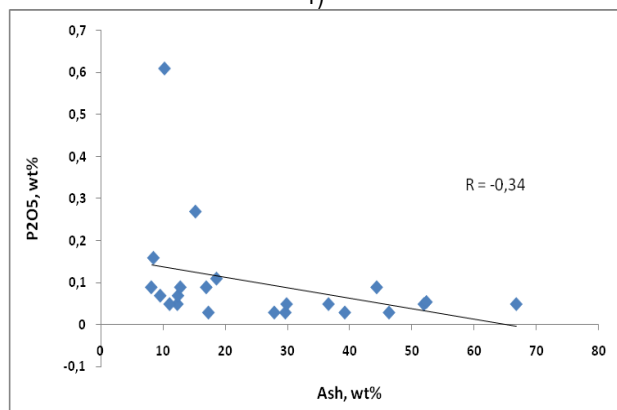
в)



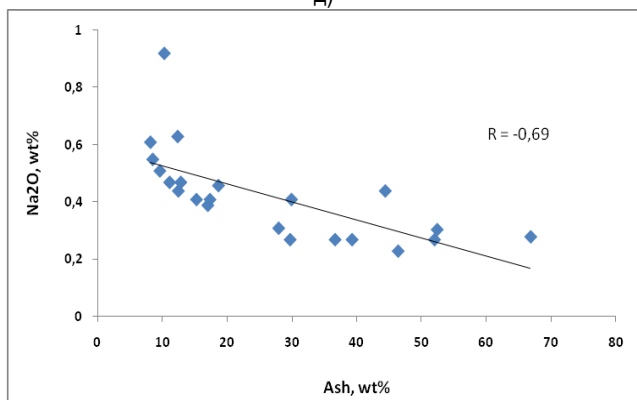
г)



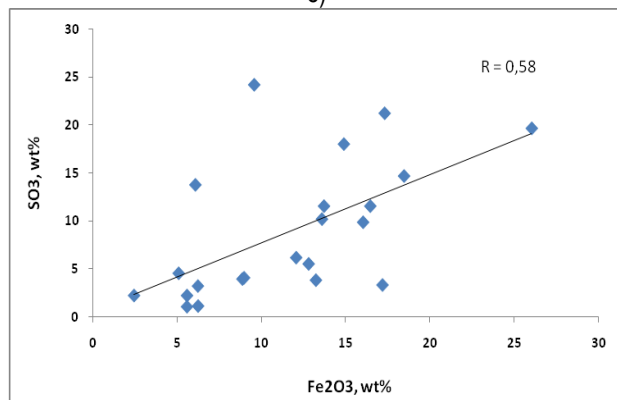
д)



е)



ж)



з)

Фиг. 2. Разпределение на пепелообразуващи елементи с преобладаващ органичен афинитет в зависимост от пепелното съдържание (а-ж), зависимост между съдържанията на Fe и S (з)

Фосфор. Eskenazy, Stefanova (2007) съобщават за подобно на установеното в настоящата работа съдържание на P в гоцеделчевските въглища. Концентрацията на елемента намалява с увеличаване на пепелността (фиг. 2,е).

Органичната форма на P може да бъде биогенна и сорбционна. Според Юдович и др. (1985) сорбционната форма на P е свързана със сорбционната форма на Fe, Ca или Mg. Биогенната форма на елемента е възможна, тъй

като той се съдържа в белтъчните съединения на растенията. Минералната форма най-често е свързана с глинестите минерали. Възможни са и собствени минерали като апатит, фосфорит и др.

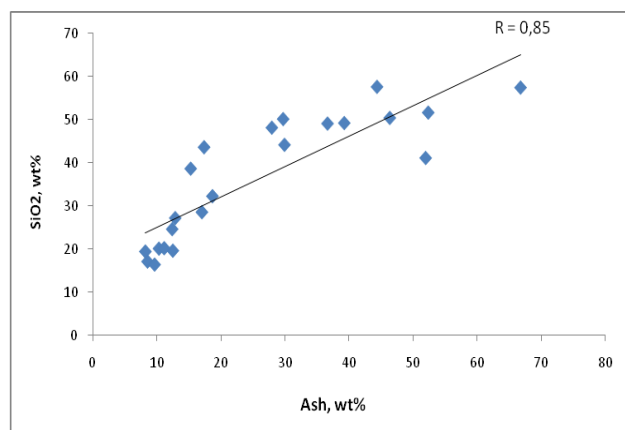
Елементи с преобладаваща привързаност към неорганичното вещество (преобладаващ неорганичен афинитет)

В изследваните въглища в тази група попадат Si, Al, Ti и K. Техните концентрации са по-високи в пепелта на въглищните глинени от тези в пепелта на въглищата ($B/BГ < 0,9$) и коефициентите им на корелация с пепелното съдържание са положителни (табл. 1).

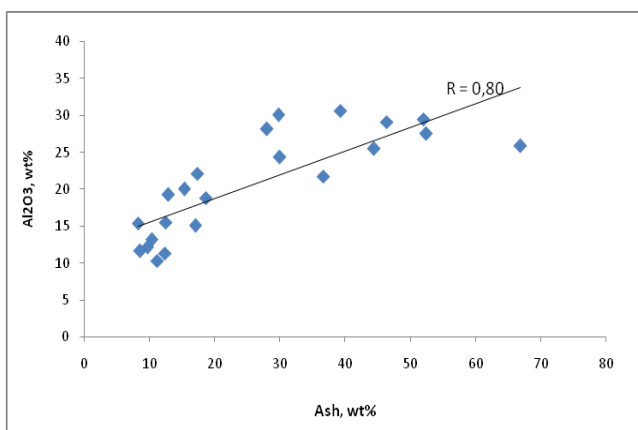
Силиций. Съдържанието на Si във въглищата надвишава близо 2 пъти средното за света, докато във въглищните глинени е незначително подкларково (табл. 2). Както в почти всички въглища, така и в гоцеделчевските, Si

е с преобладаващ неорганичен афинитет и съдържанието му нараства с увеличаване на пепелността (фиг. 3,а). Това обуславя и положителният му коефициент на корелация с нея. Преобладаващата му минерална форма е свързана предимно с глинестите минерали, но е възможно с теригения материал да постъпва кварц и други силикати. Според Юдович и Кетрис (2002) органичните киселини в торфеното блато могат да извличат от глинестите минерали Si и по този начин да се образуват комплекси на Si с хумусните киселини, най-вероятно хелати.

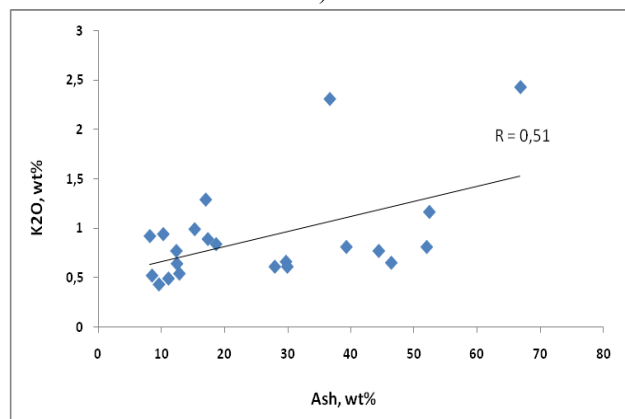
Алуминий. Съдържанието му във въглищата е малко по-високо от средното за света, а във въглищните глинени е подкларково (табл. 2). Коефициентът на корелация с пепелното съдържание е положителен (табл.1, фиг. 2, б). Минералната форма на присъствие е свързана предимно с глинести минерали. Според Юдович, Кетрис (2002) е възможно свързването на Al с хумусните киселини като много устойчиви хумати или хелати.



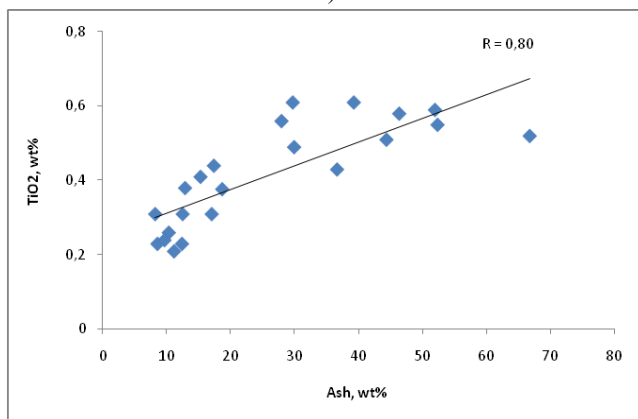
а)



б)



в)



г)

Фиг. 3. Разпределение на пепелообразуващи елементи с преобладаващ неорганичен афинитет в зависимост от пепелното съдържание

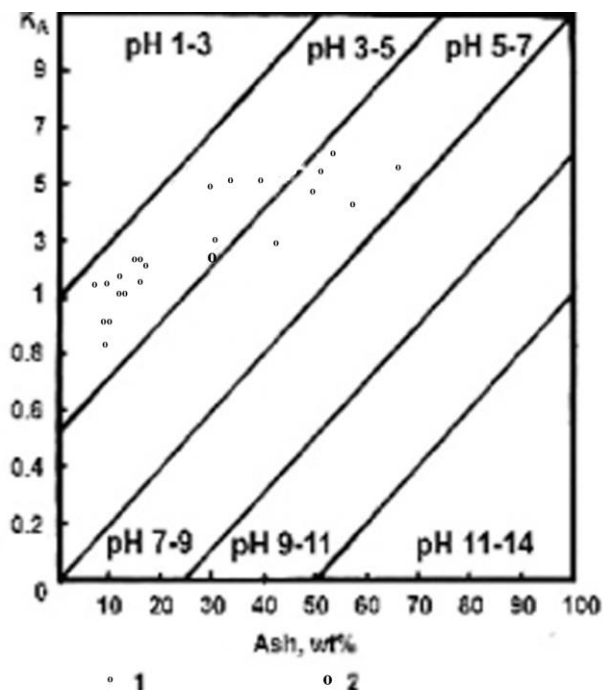
Калий. Съдържанието на елемента е близко до установеното от Eskenazy, Stefanova (2007), като авторите също определят неорганичен афинитет. На фигура 3,в се наблюдава повишаване на концентрацията на елемента с увеличаване на пепелността. Преобладаващата минералната форма на K е свързана с глинестите минерали и предимно с илита. С органичното вещество елементът може да се свързва под формата хумати или фулвати (Войткевич и др., 1983). Възможно е присъствието

на биогенен K, тъй като съдържанието му в растенията е 1,4% K (Bowen, 1966).

Титан. Eskenazy, Stefanova (2007) установяват 2 пъти по-високо съдържание на Ti в гоцеделчевските въглища. Тези автори също съобщават за неорганичен афинитет на елемента. Концентрацията и на този елемент е подкларкова (табл. 2), като се увеличава с нарастване на пепелността (фиг. 3,г). Изследванията на Ескенази (1972)

доказват, че част от съдържанието на елемента е свързано с хумати, а останалата част от сорбционната му форма – с комплексни елементо-органични съединения. Минералната форма на Ti в изследваните въглища е свързана предимно с рутил, титанит и глинестите минерали.

Киселинност на средата в торфеното блато



Фиг. 4. Диаграма на киселинността на средата.

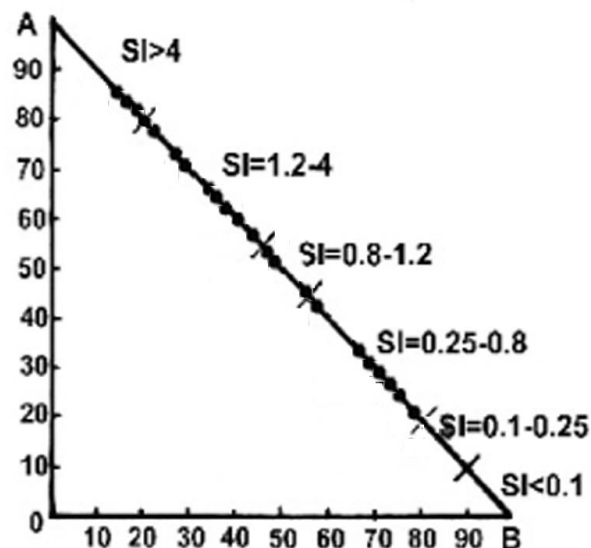
1 – стойности за отделна проба; 2 – средна стойност за торфеното блато

Киселинността на средата в древното торфено блато е определена чрез химичния състав на въглищната пепел на диаграмата на киселинността по Кортенски (1986). От разположението на точките върху диаграмата на киселинността на средата (фиг. 4) се вижда, че стойностите на pH варират в широки граници в различните етапи от развитието на торфеното блато. Когато е преобладавало грунтово подхранване от мраморите на Добростанската свита е намалявала киселинността. Стойностите на pH от порядъка на 3,5-4,0 са свързани с етапи, в които е преобладавало повърхностно подхранване при незначително постъпление на подземни води.

Подхранване на древното торфено блато

Обикновено Si, Al и Ti постъпват в торфеното блато с теригенен материал, а Ca, Mg, Fe, S, Mn, Na, K и P се пренасят предимно в разтворено състояние. Повишеното съдържание във въглищата на първите 3 елемента означава, че постъплението на теригенен материал е преобладаващо. Обратното, високата концентрация на Ca, Mg, Fe, S, Mn, K, Na и P може да се използва като белег за преобладаващо грунтово подхранване Според Кортенски (2011) чрез съотношението на оксидите на двете групи елементи може да се определи индекс на подхранване на торфеното блато. На фигура 5 се вижда, че малка част от пробите попадат на диаграмата в зоната със съизмеримо грунтово и повърхностно подхранване ($SI = 0,8$ до $1,2$). Голяма част от пробите характеризират смесено

подхранване с преобладаване на повърхностно ($SI = 1,2$ до 4) или на грунтово подхранване ($SI = 0,25$ до $0,8$). Малко от пробите попадат в зоната със стойност на $SI > 4$, което означава, че торфонатрупването е ставало при почти изцяло повърхностно подхранване, което, както е отбелязано по-горе, се е осъществявало от гнайсите на Бачковската и Бойковската свити от изток.



Фиг. 5. Диаграма за определяне на индекса на подхранване (SI) на торфеното блато (Кортенски, 2011).

$A = SiO_2 + Al_2O_3 + TiO_2$, %;

$B = CaO + MgO + Fe_2O_3 + SO_3 + K_2O + Na_2O + MnO + P_2O_5$, %

Заклучение

С извършените анализи са установени 11 елемента. Съдържанието им във въглищата надвишава средното за света за почти всички с изключение на Ti и P, при които е околорларково. В пепелта на въглищата количеството на Al, Ca, Mn и Mg е най-голямо в сравнение с тези от други басейни от Струмско-Местенската въглищна провинция. Същите елементи без Mn са с надкларкови съдържания и в пепелта на въглищните глин, което свидетелства за един и същ източник на подхранване на торфеното блато по време на торфогенезата и при отлагане на глинестите прослойки. За Ca и Mg най-вероятно този източник са мраморите от Добростанската мраморна свита от запад, а за Al – гнайсите на Бойковската и Бачковската свити от изток.

В изследваните въглища Fe, Ca, S, Mg, Mn, Na и P са с преобладаваща привързаност към органичното вещество (преобладаващ органичен афинитет), а Si, Al, Ti и K са с преобладаващ неорганичен афинитет.

Средата в торфеното блато е била от кисела до слабо кисела (pH от 3,5 до 6,5) в различните етапи от торфонатрупването. Киселинността на средата зависи от типа на подхранването на торфеното блато. Установеният тип на подхранване чрез стойността на индекса на подхранване (SI) варира за различните етапи, което определя и вариациите в стойностите на pH. Торфонатрупването се е осъществявало през по-голяма

част от времето при смесено подхранване с преобладаване на повърхностното или на грунтового такова. Само отделни етапи от развитието на торфеното блато са протичали при съизмеримо количество на двата типа подхранване или при почти изцяло повърхностно такова.

Литература

- Вацев, М. Литостратиграфия на неогенските седименти от Гоцеделчевската котловина. - *Год. ВМГИ*, 25, 2, 1980. - 103-115.
- Войткевич, Г.В., Л.Я. Кизильштейн и Ю.И. Холодков. *Роль органического вещества в концентрации металлов в земной коре*. М., Недра, 1983. - 154 с.
- Ескенази, Г. Некоторые аспекты геохимии титана в процессе углеобразования. - *Год. СУ, Геол.-геогр. фак.*, 65, 1, 1972. - 177-199.
- Кожухаров, Д., Р. Маринова. *Обяснителна записка към геоложката карта на България. М 1:100 000, Картен лист Гоце Делчев, Обаднителна записка*, С., "Геология и геофизика" АД, 1994. - 58 с.
- Кортенски, Й. Определяне на минералите във въглищата от Софийския басейн чрез резултатите от силикатния анализ. - *Год. ВМГИ*, 32, 2, 1986. - 179-191.
- Кортенски, Й. *Елементи-примеси и пепелообразуващи елементи в български въглища*. - С. Изд.къща „Св. Ив. Рилски“, 2011. - 254 с.
- Кортенски, Й., А. Здравков. Петрология на въглищата от Гоцеделчевския басейн, Югозападна България. - *Год. МГУ*, 53, 1, 2010. - 86-93.
- Шишков, Г. *Теоретични основи на биохимичната въгледификация*. С., Унив. и-во "Кл. Охридски", 1988. - 181 с.
- Юдович, Я.Е., М.П. Кетрис, А.Б. Мерц. 1985. *Элементы-примеси в ископаемых углях*. М., Наука, 239 с.
- Юдович, Я.Е., М.П. Кетрис. *Неорганическое вещество углей*. Екатеринбург, Типогр. УрО РАН, 2002. - 421 с.
- Bowen, H.L. *Trace Elements in Biogeochemistry*. N.Y. Acad. Press, London, 1966. - 235 pp.
- Eskenazy, G.M., Y.S. Stefanova. Trace elements in the Goze Delchev coal deposit, Bulgaria. - *Int. J. Coal Geol.*, 72, 2007. - 257-267.
- Given, P. H., W. F. Wysse. The chemistry of sulfur in coal. - *British Coal Utilization Research Association Monthly Bulletin*, 25, 1961. - 165-179.
- Ketris, M.P., Ya.E. Yudovich. Estimations of Clarkes for Carbonaceous biolithes: World averages for trace element contents in black shales and coals. - *Int. J. Coal Geol.*, 78, 2, 2009. - 135-148.
- Kortenski, J., A. Zdravkov. Petrology and depositional environment of the lignite seam I from Gotse Delchev basin, South-West Bulgaria. - *Докл. БАН*, 2011. - 719-724.
- Turekian, K.K., K.H. Wedepohl. Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. - *Bull. Geol. Soc. of Amer.*, 72, 2, 1961. - 181-263.
- Valkovic, V. *Trace elements in coal*. - CRC Press, Inc., Raton, Fla., 1, 1983. - 210 pp.

Статията е рецензирана от доц. д-р Мариана Йосифова и препоръчана за публикуване от кат. „Геология и проучване на полезни изкопаеми“.