

## ПЕТРОГРАФИЯ НА ХЕЛВЕТСКИТЕ ЛИГНИТИ ОТ ЧУКУРОВСКИЯ БАСЕЙН, БЪЛГАРИЯ

Антон Сотиров

Institut für Geowissenschaften  
Montanuniversität, A-8700  
Леобен, Австрия  
E-mail: sotirov\_anton@hotmail.com

Йордан Кортенски

Минно-геоложки университет  
“Св. Иван Рилски”  
София 1700, България  
E-mail: jordan\_kortenski@hotmail.com

### РЕЗЮМЕ

Сложният въглищен пласт (комплекс) в южната част на Чукуровския басейн е опробван по разреза и са взети двадесет проби. Изработени са аншлиф-брикети и е установен петрографския състав на въглищата. Установени са мацерали и от трите мацерални групи. Мацералите от група Хуминит са текстинит, текстолминит, еу-улминит, атринит, денсинит, флобафинит и псевдофлобафинит. Наблюдавани са следните липоидни мацерали: споринит, кутинит, резинит, суберинит, алгинит, липодетринит и хлорофилинит (?). Инертинитовите мацерали са представени само от фузинит, склероцинит и инертдетринит, като количеството им е минимално. Минералите определени в отразена светлина са глинести минерали, пирит (фрамбоидален, евхедрален и масивен) и епигенетичен калцит. Според мацералния състав на въглища торфеното блато може да се определи като обводнено горско блато. Изчислените индекси на въглищния фацес (индексите на грунтовете води и на растителността) определят типа на торфеното блато като лимнично омбротрофно горско блато. Според индекса на запазване на растителните тъкани и гелификационния индекс блатото представлява горско торфище или горско блато, в което нивото на водата непрекъснато се повишава. On the basis of the vitrinite reflectance, the coal was determinate as lignite.

Ключови думи: лигнити, мацерали, тип на торфено блато, индекси на въглищния фацес, Чукуровски басейн.

### ВЪВЕДЕНИЕ

Чукуровският басейн се намира на 40 km югоизточно от гр. София. Той попада в централните части на Софийската въглищна провинция. Въгленосните седименти са с хелветска възраст (Паламарев, 1964). Те са обособени от Бл. Каменов в *Задруга на глинестите пясъчници и глинни с Чукуровски въглищен пласт* (Кацков, Илиев, 1993). Задругата включва глинни, пясъчливи глинни, прослойки от пясъчници и въглищни пластове, които са от 12 до 18. В южната част образуват един сложен въглищен пласт (комплекс) с дебелина до 40 m (Кацков, Илиев, 1993). Въгленосните наслаги запълват Чукуровския грабен, който е със северозапад-югоизточна ориентация. В него те са слабо синклинално огънати. Бреговата ивица на басейна е изградена от скали на ДФК - Задруга на филоидните шисти и филити, среден триас - Панчеревска свита и средна-горна юра - Гинска свита (Кацков, Илиев, 1993).

Петрографски изследвания на въглищата са проведени от Плачков и Стойнова (1961), Минчев (1963) и Константинова (1969). Целта на настоящата работа е да установи мацералния състав на лигнитите от сложния въглищен пласт (комплекс) в южната част на басейна и да допълни данните за липоидните мацерали с изследвания с флуорисцентна светлина. Въз основа на резултатите от тези изследвания се изчисляват индексите на въглищния фацес и се определя типа на торфеното блато, в което е отложен материала за образуване на сложния въглищен пласт.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Опробван е сложният въглищен пласт в южната част на басейна. Двадесет аншлиф-брикети са изследвани за определяне на петрографския състав на лигнитите с микроскоп “Leica” с отразена светлина ( $\lambda=546$  nm), флуорисцентна светлина и компютърна програма “Leica trv\_meas”. Микроскопските изследвания се провеждат в маслена имерсия с имерсионни обективи 50x/0.85 и 100x/0.25. За определяне на процентното съдържание на мацералите е използвано автоматично броячно устройство “Prior-G”. Показателят на отражение на витринита е измерван в 50 точки във всяка проба. Използван е итрий-алуминий-гранатов еталон с показател на отражение 0,899%.

### РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЯ

Средният показател на отражение на хуминита е  $R_0=0,23\%$  при  $R_{min}=0,18\%$  и  $R_{max}=0,25\%$  и стандартно отклонение  $\pm 0,204$ . Според този показател чукуровските могат да се определят като лигнити.

*Мацерали от група Хуминит.* Общото съдържание на тези мацерали е 82,23%, а на органична маса – 84,82% (табл. 1). Мацералите от подгрупа *Хумотелинит* преобладават в изследваните въглища. Текстинитът е наблюдаван под формата на ивици и лещи. Асоциира с улминит, атринит и денсинит. В лумените му освен глинести минерали може да се наблюдава и резинит (фиг. 2b) или флобафинит. Количеството му е сравнително голямо (табл. 1). Улминитът е представен от двата си

мацерални типа, като съдържанието му в изследваните въглища е най-високо (табл. 1). Мацералният тип текстолминит преобладава значително. Той изгражда ивици със значителна дебелина. Лумените му освен с глинести минерали (фиг. 1d), често са запълнени с флобафинит (фиг. 1a) или резинит (фиг. 2a). Асоциира еу-улминит, текстинит, атринит и денсинит. Значително е присъствието и на вторият мацерален тип на улминита – еу-улминит. Освен под формата на ивици, които алтернират с текстолминита и текстинита, изграждащи годишни кръгове, този мацерален тип се наблюдава и като лещи с различни размери. В лумените му е отложен резинит (фиг. 2d), рядко флобафинит.

Количеството на мацералите от *подгрупа Хумодетринит* е сравнително малко (табл. 1). Преобладава атринитът, като съдържанието на денсинит е незначително (табл. 1). Тези мацерали в асоциация с глинестите минерали циментират останалите мацерали (фиг. 1c, e; 2c, f).

*Подгрупа Хумоколинит* е представена само от мацерала корпохуминит. Преобладава мацералният тип флобафинит (табл. 1). Той е отложен в лумените на улминит (фиг. 1a), по-рядко на текстинит. Вторият мацерален тип - псевдофлобафинит асоциира с атринит и денсинит (фиг. 1c). Формата и на двата мацерални типа е овална или кръгла, а релефът нисък (фиг. 1a, c).

Според Кортенски и др. (2001) количеството на мацералите от гр. Хуминит нараства към централните части на басейна.

*Мацерали от група Липтинит.* Количеството на мацералите от тази група, с изключение на резинита, е малко (табл. 1). Кутинитът е с минимално съдържание (табл. 1). Наблюдаван е като добре запазени и оформени тела (фиг. 2e) или като отделни късчета с различни размери. Асоциира с атринит и денсинит. Споринитът се среща много рядко (табл. 1) и е представен изключително от миоспоринит. Най-вероятно представлява останки от полен. Асоциира с атринит, денсинит, липтодетринит (фиг. 2c), понякога суберинит (фиг. 2f) и кутинит. Суберинитът е често срещан мацерал, което е типично за въглищата от Софийската провинция (Кортенски, 1993). Количеството му обаче в изследваните въглища не е голямо. Наблюдаван е като добре оформени ивици с ясна структура (фиг. 2b), силно нагънати и лошо запазени ивици (фиг. 2f) или късчета с различни размери (фиг. 2e). Асоциира с други липоидни мацерали, атринит, денсинит, текстинит и улминит. Резинитът е най-широко разпространения липоиден мацерал и високото му съдържание (табл. 1) свидетелствува и за участие на кориферна растителност в процеса на торфонатрупване. Наблюдаван е като тела с закръглена, овална или издължена форма предимно в лумените на текстинит (фиг. 1b), текстолминит (фиг. 1a; 2a) и еу-улминит (фиг. 2d). Този тип резинит по-слабо флуорисцира от късовия резинит, който също е представен във въглищата. Установява се като единични тела сред атринит и денсинит (фиг. 1c) и в асоциация с други липоидни мацерали. Количеството на алгинита е незначително (табл. 1), което е типично за горския тип блата (Stach et al., 1982). Наблюдаван е като неголеми

лещообразни тела сред атринит, в асоциация със споринит и липтодетринит (фиг. 2c). Липтодетринитът е със съдържание от 1 до 2,5% в различните проби. Асоциира с другите липоидни мацерали, най-често споринит сред атринита (фиг. 2c). Мацералът хлорофилинит е определен във флуорисцентна светлина. Представлява малки кърваочервени тела в прослойки от липтен с много ниско отражение ( $R_0=0,21\%$ ), понякога със синьо излъчване. Асоциира с кутинит (фиг. 2e). Taylor et al. (1998) описват този мацерал като реликти от хлорофил около кутинитови тела.

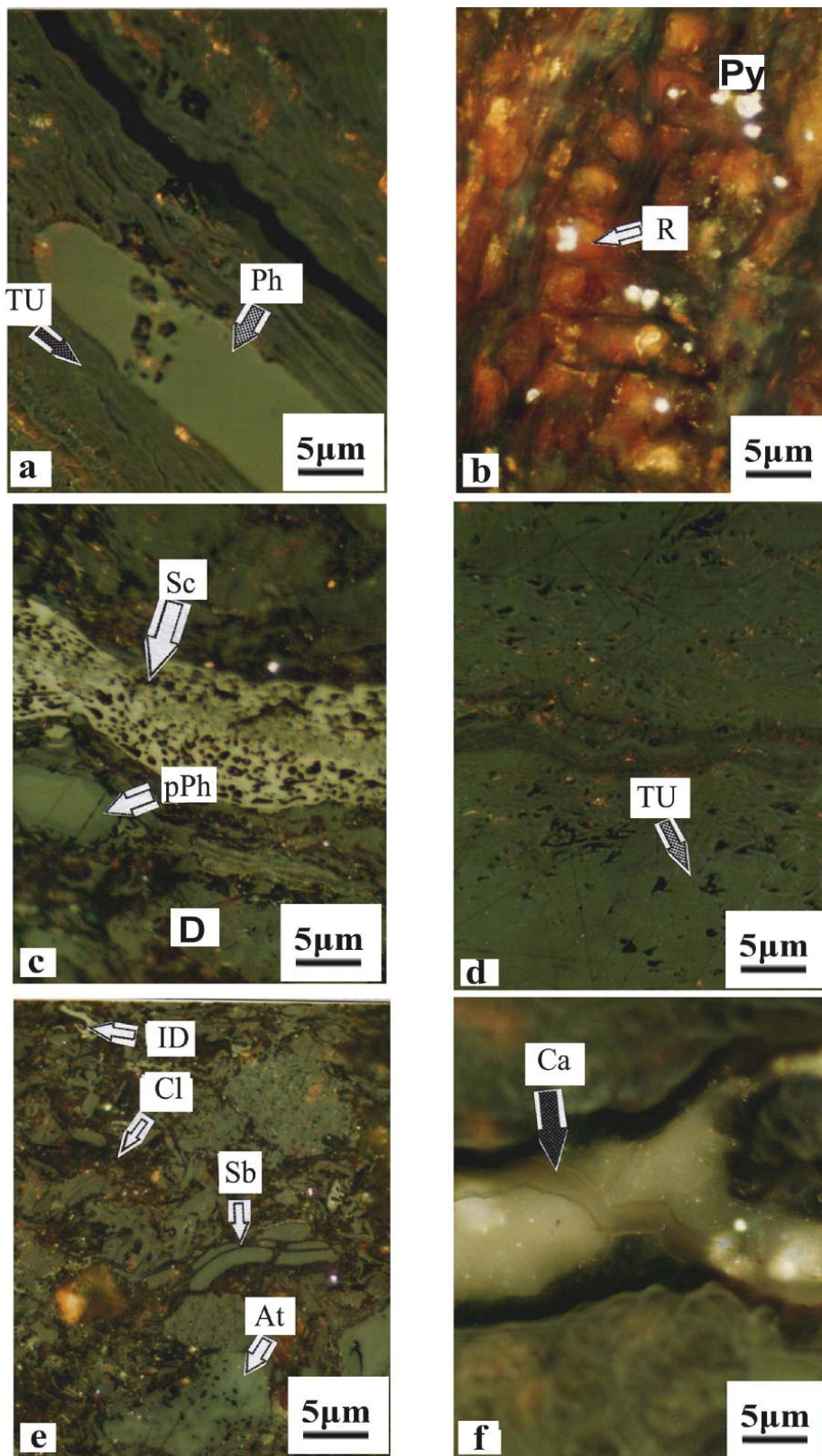
Цветът на повечето мацерали от група Липтинит във флуорисцентна светлина е жълт с различен интензитет (фиг. 2) или светло оранжев, тъй като въглищата са с нисък ранг (Taylor et al., 1998). Само хлорофилинитът е с кърваочервен цвят.

Липоидните мацерали имат подобно плочно разпространение на тези от гр. Хуминит и количеството им нараства към централните части на басейна (Кортенски и др., 2001).

Таблица 1. Петрографски състав на Чукуровските лигнити

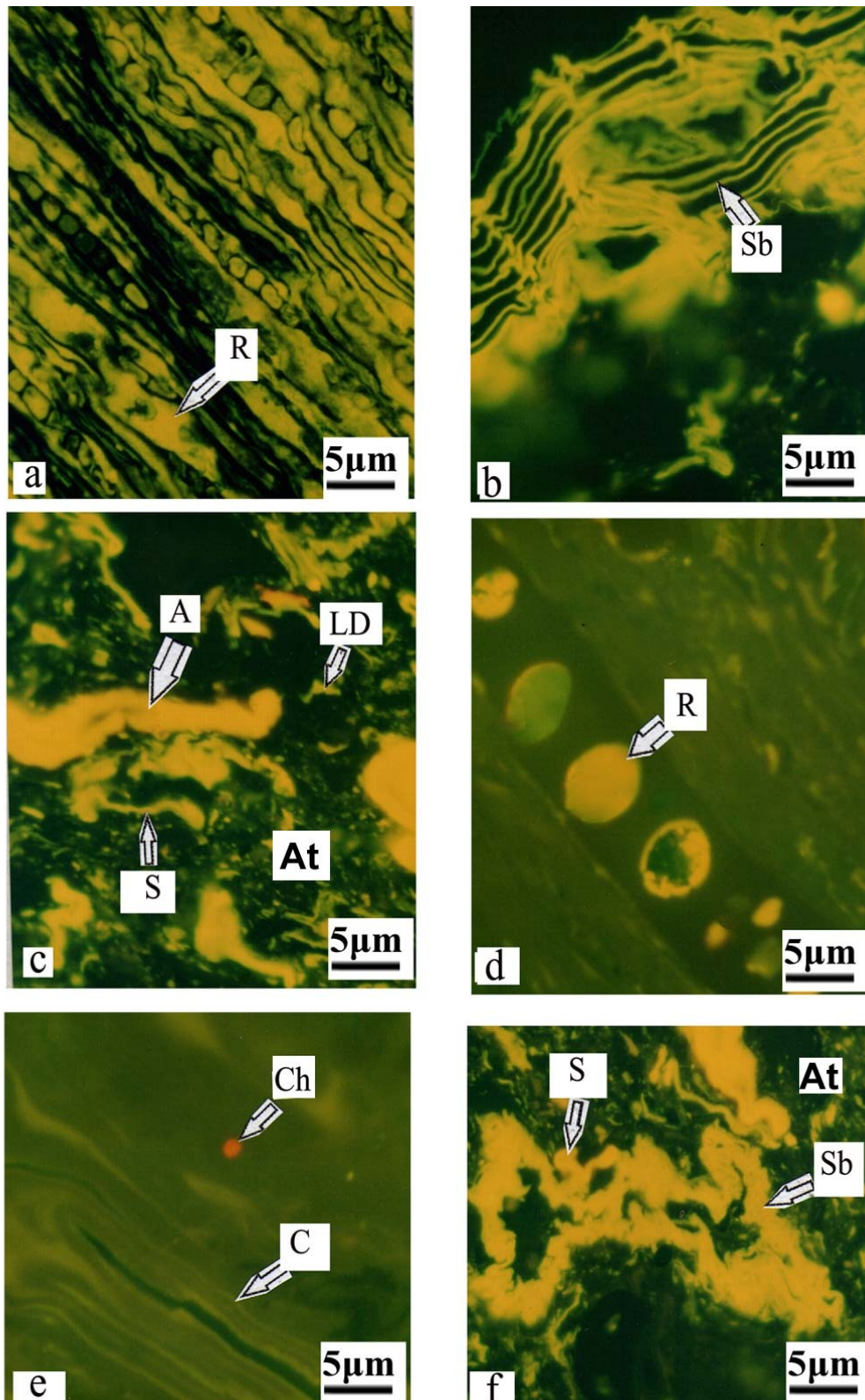
Петрографски състав	Съдържание, %	Съдържание на органична маса, %
<b>Група Хуминит:</b>	82,23	84,82
Текстинит	15,50	
Текстолминит	31,30	
Еу-улминит	20,24	
Атринит	8,33	
Денсинит	1,8	
Флобафинит	4,79	
Псевдофлобафинит	0,27	
<b>Група Липтинит:</b>	14,44	14,90
Кутинит	0,13	
Споринит	0,13	
Резинит	10,38	
Суберинит	1,86	
Алгинит	0,13	
Липтодетринит	1,6	
Хлорофилинит	0,01	
<b>Група Инертинит:</b>	0,27	0,28
Фузинит	0,01	
Склеротинит	0,13	
Инертодетринит	0,13	
<b>Минерали:</b>	3,06	
Пирит	0,13	
Епигенетичен калцит	0,53	
Глинести минерали	2,4	

*Мацерали от гр. Инертинит.* Количеството на тези мацерали в изследваните въглища не само, че е най-малко, но общо е под 1% (табл. 1). Фузинитът е с най-ниско съдържание (табл. 1). Той е силно разкъсан и се наблюдава като малки късчета сред атринита. Фузинитът асоциира с инертодетринит. Склероцинитът е представен предимно от плектенхиминит, който се наблюдава като сравнително големи тела сред атринита (фиг. 1c). Установен е също едно- и двукамерен фунгосклероцинит. Късчетата инертодетринит асоциират най-често с атринит (фиг. 1e) или фузинит. Количеството на инертинитовите мацерали нараства към бреговата ивица на басейна (Кортенски и др., 2001).



Фигура 1. Петрографски състав на лигнитите от Чукуровския басейн, отразена светлина, маслена имерсия: а)Текстоулминит (TU), флобафинит (Ph); б) Резинит (R) в текстинит, пирит (Py); в) Склероцитинит (Sc) - плектенхиминит, псевдофлобафинит (pPh), денсинит (D); д) Текстоулминит (TU); е) Инертодетритинит (ID), глинеисто вещество (Sh), суберинит (SB), атринит (At); ф) Епигенетичен калцит (Cc).





Фигура 2. Петрографски състав на лигнитите от Чукуровския басейн, отразена светлина, маслена имерсия:  
 а) Резинит (R) в текстоулминит; б) Суберинит (Sb); в) Алгинит (A), липтодетринит (LD), споринит (S), атринит (At);  
 д) Резинит (R) в еу-улминит; е) Кутинит (C), хлорофилинит (?) (Ch); ф) Суберинит (Sb), споринит (S), атринит (At).

### Минерали

**Глинести минерали.** Те запълват лумени на текстинит, текстоулминит и фузинит, образуват лещи с малки размери или асоциират с атринита (фиг. 1е).

Пирит. Съдържанието му е ниско. Той е финозърнест. Представен от фрамбоидален, евхедрален и масивен пирит. Те се срещат като единични зърна в атринита и денсинита (фиг. 1с,е). Понякога пирит се наблюдава в

лумените на текстинит (фиг. 1b), текстолминит (фиг. 1d) или фузинит.

Епигенетичен калцит. Установен е в единични пукнатини (фиг. 1f). Съдържанието му е ниско (табл. 1).

#### Индекси на въглищния фацес

Въз основа на петрографския състав са определени индексите на въглищния фацес. Използвано е съдържанието на мацералите и минералите на обща маса.

#### Индекс на грунтовите води по Calder et al. (1991):

$GWI = \text{гелинит} + \text{корпохуминит} + \text{минерално вещество} / \text{текстинит} + \text{улминит} + \text{денсинит} = 0,1$

#### Индекс на растителността по Calder et al. (1991):

$VI = \text{текстинит} + \text{улминит} + \text{фузинит} + \text{семифузинит} + \text{суберинит} + \text{резинит} / \text{денсинит} + \text{инертодетринит} + \text{алгинит} + \text{липдодетринит} + \text{споринит} + \text{кутинит} = 22,35$

Според тези два индекса се определя типа на торфеното блато като лимнично омбротрофно горско блато. Calder et al. (1991) определят условията в блатото, които се характеризират с по-слабо грунтово подхранване и по-кисела среда.

#### Индекс на запазване на тъканите по Diessel (1992):

$TPI = \text{текстинит} + \text{улминит} + \text{семифузинит} + \text{фузинит} / \text{денсинит} + \text{макринит} + \text{инертодетринит} = 78,76$

#### Гелификационен индекс по Diessel (1992):

$GI = \text{текстинит} + \text{улминит} + \text{макринит} / \text{семифузинит} + \text{фузинит} + \text{инертодетринит} = 634,15$

Според тези два индекса торфеното блато се определя като горско торфище или като горско блато, в което нивото на водата непрекъснато се повишава. Според Diessel (1992) растителните тъкани са подложени на средна хумификация и силна гелификация.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Чукуровските лигнити се характеризират с много високо съдържание на гелифицирани мацерали и минимално на фюзенизирани. Големите количества текстинит и улминит са резултат от торфонатрупване от висша дървесна растителност и сравнително добра запазеност на растителните тъкани. Последните са слабо дезинтегрирани, поради което съдържанието на атринит и денсинит не е високо. Присъствието на суберинит в изследваните въглища също е свързано с дървесната растителност, част от която е била иглолистна, ако се съди по високото съдържание на резинит. По мацералния се състав чукуровските въглища попадат в група С (подгрупа С<sub>1</sub>), отделена от Шишков (1988) в зависимост от фитоценозния и видовия състав на въглеобразователните палеобиотипи. Като се съди по мацералния състав, торфонатрупването се е осъществило в типично горско блато. То е било силно обводнено, поради което количеството на инертинитовите мацерали е

незначително. Установени са малко минерални примеси – теригенни (глинестите минерали) и сингенетични (пирит). По пукнатини във въглищния пласт е отложен е епигенетичен калцит.

Изчислените индекси на въглищния фацес потвърждават заключението за типично горско блато. Стойностите на индексите на грунтовите води и на растителността го определят като лимнично омбротрофно горско блато. Според индекса на запазване на растителните тъкани и гелификационния индекс то представлява горско торфище или горско блато, в което нивото на водата непрекъснато се повишава.

Петрографският състав на чукуровските лигнити е сходен с този на останалите въглища от Софийската провинция, характерни особености на които са високите съдържания на текстинит и улминит, присъствието на корпохуминит и суберинит, сравнително големи количества на резинит и ниското съдържание на инертинитови мацерали (Кортенски, 1993). Различията са в процентното съдържание на отделните мацерали и преди всичко малкото количество атринит, денсинит и фузинит и в установения хлорофилинит. В известна степен се различават и условията на торфонатрупване, особено от тези на Софийския басейн по Kortenski and Sotirov (2001).

### ЛИТЕРАТУРА

- Кацков, Н., К. Илиев. 1993. *Обяснителна записка към геоложката карта на България, М 1:100 000*, Картен лист Ихтиман, 64 с.
- Константинова, В. 1969. Петрогонетична характеристика на въглищата от неогенските басейни от Югозападна България. – *Изв. НИГИ*, 3, 311-326.
- Кортенски, Й. 1993. Минералого-геохимични особености на въглища от Софийската провинция. – *Спис. на Българското геолошко дружество*, 54, 3, 98-108.
- Кортенски, Й., П. Павлов, Г. Павлова. 2001. Разпределение на мацералите, минералите, пепелообразуващите елементи и елементите - примеси във въглища от Чукуровския басейн. – *Год. на Минно-геоложки университет*, 43-44, 1, 101-109.
- Минчев, Д. 1963. Петрология на кафявите въглища в България. Петрографски изследвания на въглищата от Чукуровския басейн. – *Год. на Софийски университет, Биол.-геол.-геогр. фак.*, 56, 2, 1-50.
- Паламарев, Е. 1964. Палеоботанически проучвания на Чукуровския каменовъглен басейн. – *Изв. Ботан. инст.*, 13, 5-80.
- Плачков, П., М. Стойнова. 1961. Състав на нашите лигнитни въглища. Съобщ. III. – *Год. НИИГТ*, 7, 1, 1-24.
- Шишков, Г. 1988. *Теоретични основи на биохимичната въглефикация*. С., Унив. И-во "Св. Кп. Охридски", 181с.
- Calder, J., M. Gibling, P. Mukhopadhyay. 1991. Peat formation in a Westfalian B piedmont setting, Cumberland basin, Nova Scotia: implications for the maceral-based interpretation of rheotrophic and raised paleomires. *Bull. Soc. Geol. France*, 162, №2, 283-298.

- Diessel, C. F. K. 1986. On the correlation between coal facies and depositional environment. *In: Proc. 20<sup>th</sup> Symp., Dep. Geol., Univ. Newcastle, N.S.W.*, 19-22.
- Diessel, C. F. K. 1992. *Coal-bearing Depositional Systems*. Springer, Berlin, 721.
- Kortenski, J., A. Sotirov. 2001. Petrography of the Neogene lignites from Sofia basin, Bulgaria. *Eighteenth Annual Meeting of The Sociati for Organic Petrology*, 18, Houston, 23-26 September, 59-62.
- Stach E., M. Mackowsky, M. Teichmüller, G. H. Taylor, D. Chandra, R. Teichmüller. 1982. *Stach's textbook of Coal Petrology*. 3<sup>rd</sup> Edn., Gebr. Borntraeger, Berlin-Stuttgart, 538.
- Taylor G. H., M. Teichmüller, A. Davis, C. F. K. Diessel, K. Littke, P. Robert. 1998. *Organic petrology*. Gebr. Borntraeger, Berlin-Stuttgart, 704.

Препоръчана за публикуване от  
катедра "Геология и проучване на полезни изкопаеми", ГПФ

# PETROGRAPHY OF THE HELVETIAN LIGNITE FROM THE CHUKUROVO BASIN, BULGARIA

Anton Sotirov

Jordan Kortenski

Institut für Geowissenschaften  
Montanuniversität, A-8700  
Leoben, Austria  
E-mail: sotirov\_anton@hotmail.com

University of Mining and Geology  
"St. Ivan Rilski"  
Sofia 1700, Bulgaria  
E-mail: jordan\_kortenski@hotmail.com

## ABSTRACT

The complicated coal seam (complex) in the south part of the Chukurovo basin was sampled and 25 samples were taken. Polished block samples were prepared and the petrographic composition of the coal was established. There were found macerals from the three maceral groups. Macerals from the Huminite group were textinite, textu-ulminite, eu-ulminite, attrinite, densinite, phlobaphinite, and pseudo-phlobaphinite. The following liptinite macerals were observed: cutinite, sporinite, resinite, suberinite, alginite, liptodetrinite, and chlorophyllinite (?). Fusinite, sclerotinite, and inertodetrinite presented the inertinite macerals. Their amount was very low. Minerals found with reflected light were clay minerals, pyrite (euhedral, framboidal and massive) and epigenetic calcite. The peat bog was determined as wet forest bog according to the maceral composition. According to the calculated indices of the coal facies (Groundwater Influence Index and Vegetation Index), the type of the peat bog was determined as "limnic ombrotrophic bog forest". The Tissue Preservation Index (TPI) and Gelification Index (GI) was determined peat bog as "forested peatland", where the water level was increasing continuously or in a forested, continuously wet raised bog. On the basis of the huminite reflectance, the coal was determined as "Lignite".

*Key words: lignite, macerals, indices of the coal facies, type of peat bog, Chukurovo basin.*

## INTRODUCTION

The Chukurovo lignite basin is located 40km southeast from the city of Sofia. It is situated in the central part of the Sofia coal province. The coal-bearing sediments have Helvetian age Паламарев (1964). They are separated by Бл. Каменов as a *Formation of the clay sandstones and shale with the Chukurovo coal seam* (Кацков, Илиев, 1993). It is composed by shale, sand shale, sandstone layers and coal seams, which number is 12 to 18. Кацков, Илиев (1993), published data that all coal layers make one complicated coal seam thick up to 40 m. The coal-bearing sediments fill Chukurovo graben, which has Northwest-Southeast orientation. They are low banded. The underlying rocks of the basin are diabase phillitoide complex (DFK) with Middle Triassic (Pancharevska formation) and Middle-Upper Jurassic (Ginska formation) (Кацков, Илиев, 1993).

Petrographic investigations of the coal were done by Плачков, Стойнова (1961), Минчев (1963) and Константинова (1969). The main purpose of the study is to determine the maceral composition of the lignite from the complicated coal seam (complex) in the south part of the basin and to update the data for the Liptinite macerals, using fluorescent light. On the basis of the present investigations were calculated the indices of the coal facies and the type of the peat bog, where the plant tissue were accumulated.

## METHODS

The complicated coal seam in the South part of the basin was sampled. Twenty polished block samples were studied with a microscope "Leica" with reflected light ( $\lambda=546$  nm), fluorescent light, and a computer program "Leica mpv\_meas".

Oil immersion objectives 50x/0.85 and 100x/0.25 were used also. Automatic counter "Prior-G" was used for the counting of the macerals. For determination of maceral percentage four hundred macerals were counted and 50 points for vitrinite reflectance were measured of each sample. Yttrium-alluminium-granat with reflectance 0.899% was used for a standard for determination of the vitrinite reflectance.

## RESULTS AND DISCUSSION

Average huminite reflectance was measured as  $R_o=0.23\%$ ,  $R_{min}=0.18\%$ ,  $R_{max}=0.25\%$  with standard deviation  $\pm 0.0204$ . According to the huminite reflectance the coal was determined as Lignite.

**Macerals from the Huminite group.** All amounts of these macerals are 82.23% and 84.82% from the organic matter (Table 1). The macerals from the *subgroup Humotellinite* are prevailing in the studied coal. Textinite is observed as bands and lenses. It associates with the ulminite, attrinite and densinite. Clay minerals, resinite (Fig. 2b) and phlobaphinite fill the textinite lumens. The textinite amount is relatively high (Table 1). The two maceral types present the ulminite. Its amount is highest in the coal (Table 1). The maceral type textu-ulminite is prevailing significantly. It builds thick bands. The textu-ulminite lumens are filled with clay minerals (Fig. 1d) and phlobaphinite (Fig. 1a) or resinite (Fig. 2a). The textu-ulminite associates with eu-ulminite, textinite, attrinite and densinite. The eu-ulminite significantly presents in the samples. It is like bands, which alternates with the textu-ulminite and textinite. These bands make wood annual circles. That maceral is observed as lenses with different sizes also. Resinite (Fig. 2d) and rarely phlobaphinite fills the lumens of the eu-ulminite.

Table 1. Petrographic composition of the Chukurovo lignite.

Macerals	Content, %	Content in organic matter, %
Huminite group	82.23	84.82
Textinite	15.50	

Texto-ulminite	31.30	
Eu-ulminite	20.24	
Attrinite	8.33	
Densinite	1.8	
Phlobaphinite	4.79	
pseudo-phlobaphinite	0.27	
<i>Liptinite group:</i>	14.44	14.90
Cutinite	0.13	
Sporinite	0.13	
Resinite	10.38	
Suberinite	1.86	
Alginite	0.13	
Liptodetrinite	1.6	
Chlorophyllinite	0.01	
<i>Inertinite group:</i>	0.27	0.28
Fusinite	0.01	
Sclerotinite	0.13	
Inertodetrinite	0.13	
Minerals:	3.06	
pyrite	0.13	
epigenetic calcite	0.53	
clay minerals	2.4	

The amount of the macerals from the *subgroup Humodetrinite* is relatively low (Table 1). The attrinite is prevailing, as the densinite amount is insignificant (Table 1). These macerals in association with clay minerals consolidate all other macerals (Fig. 1c,e; 2c,f).

Subgroup Humocollinite is presented only by the maceral corpohuminitite. The phlobaphinite is prevailing maceral type of the corpohuminitite (Table 1). It fills the ulminite lumens (Fig. 1a) and rarely of the textinite. The second maceral type – pseudo-phlobaphinite associates with attrinite and densinite (Fig. 1c). The shape of the both maceral types is oval or circle and they have low relief (Fig. 1a, c).

According to Кортенски et al. (2001), the amount of the macerals from the *Huminite group* increases in the central part of the basin.

**Macerals from the Liptinite group.** The amount of the macerals from this group, with an exemption of the resinite, is low (Table 1). The cutinite has the lowest amount (Table 1). It was observed as well-shaped and preserved bodies (Fig. 2e) or as single particles with different sizes. Cutinite associates with attrinite and densinite. The sporinite is rarely observed (Table 1) and it is presented mainly from miosporinite. It is probably pollen relicts. The sporinite associates with attrinite,

densinite, liptodetrinite (Fig. 2c), sometimes with suberinite (Fig. 2f) and cutinite. The suberinite is frequently observed maceral, which is typical for the coal from Sofia province (Кортенски, 1993), but its amount is low in the studied coal. It was observed as well shaped bands with good structure (Fig. 2b), or bed preserved bands (Fig. 2f) or particles with different sizes (Fig. 2e). It associates with the other Liptinite macerals, attrinite, densinite, textinite and ulminite. The resinite is most spread Liptinite maceral (Table 1) and it is a sign for participation of Conifer plants at the time of peat accumulation. It was observed as spherical, oval or long bodies mainly into the textinite (Fig. 1b), texto-ulminite (Fig. 1a; 2a) and eu-ulminite (Fig. 2d) lumens. The resinite has more weak fluorescent color than the detrital resinite, which was observed also into the studied coal. It is like single bodies among the attrinite and densinite (Fig. 1c) and with associations with other Liptinite macerals. The alginite amount is insignificant (Table 1), which is typical for the forested swamps (Stach et al., 1982). It was observed as small lenses-shaped bodies among attrinite with an association with sporinite and liptodetrinite (Fig. 2c). The liptodetrinite is from 1 to 2.5% in the samples. It associates with the other Liptinite macerals, mainly sporinite and attrinite (Fig. 2c). The maceral chlorophyllinite is determined, using fluorescent light. It is like small bloody-reds bodies into the Lipten bands with low Huminite reflectance ( $R_0=0.21\%$ ). It associates with cutinite



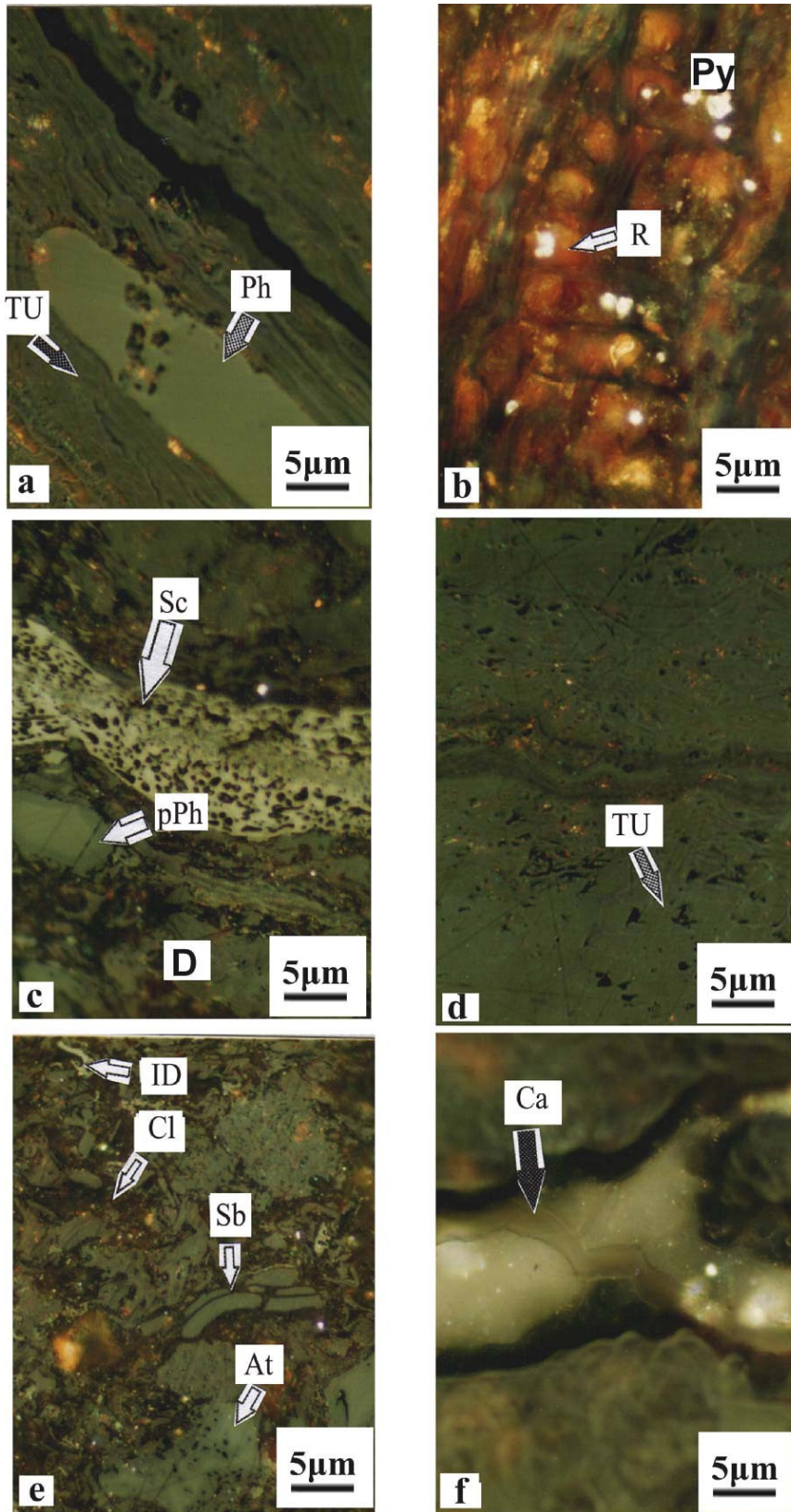


Figure 1 Petrographic composition of the lignite from the Chukurovo basin, reflected light, oil immersion: a) Texto-ulminite, phlobaphinite (Ph); b) Resinite (R) into textinite; c) Sclerotinite (Sc)-plectenhiminite, pseudo-phlobaphinite (pPh), densinite (D); d) Texto-ulminite (TU); e) Inertodetrinite (ID), clay minerals (Sh), suberinite (SB), attrinite (At); f) Epigenetic calcite (Cc).

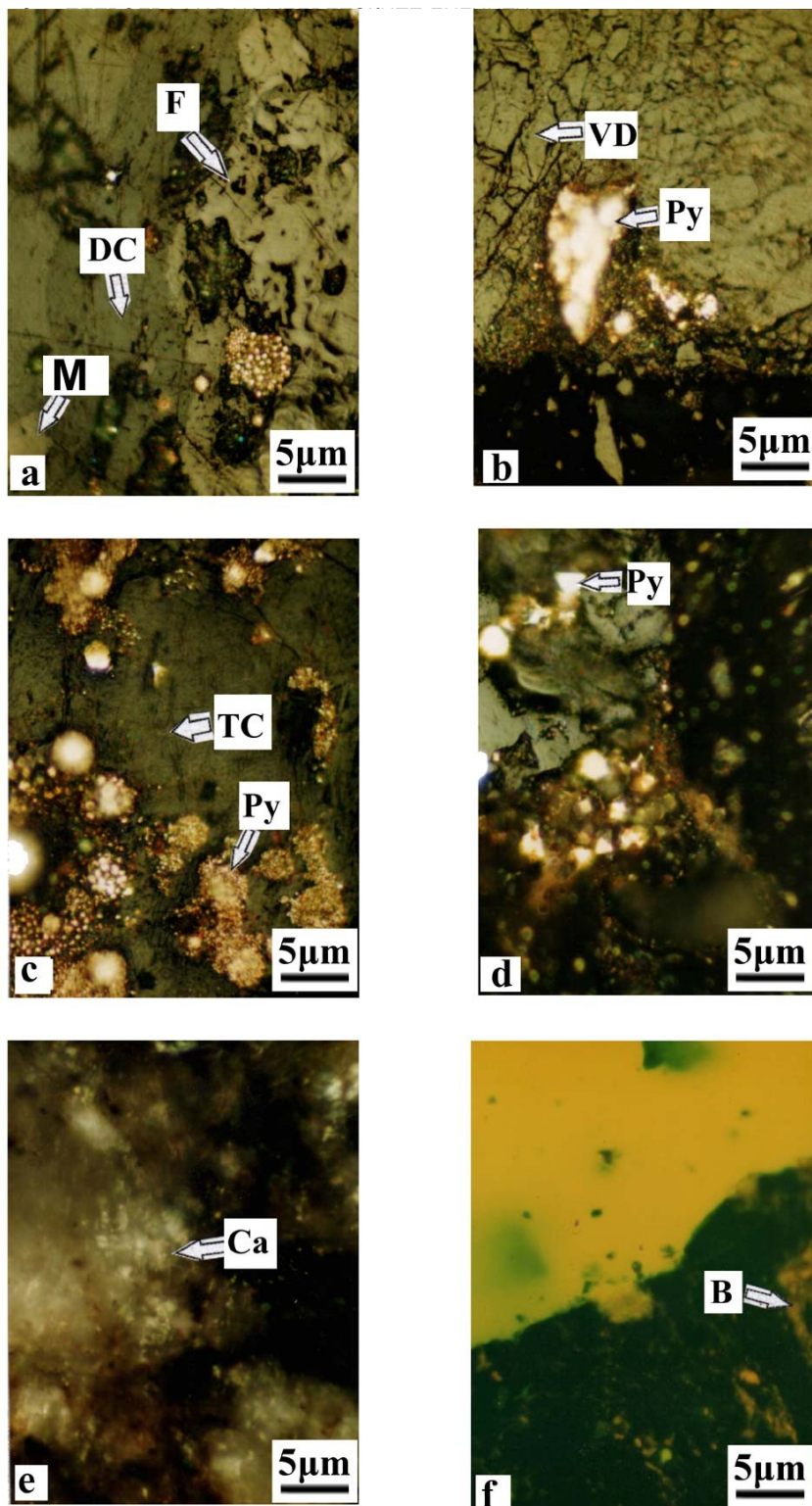


Figure 2 Petrographic composition of the lignite from the Chukurovo basin, fluorescent light, oil immersion: a) Resinite (R) into texto-ulminite; b) Suberinite (Sb); c) Alginite (A), liptodetrinite (LD), sporinite (S), attrinite (At); d) Resinite (R) into eu-ulminite; e) Cutinite (C), chlorophyllinite (?) (Ch) attrinite (At); f) Suberinite (Sb), sporinite (S), attrinite (At).

(Fig. 2e). Taylor et al. (1998) wrote that the chlorophyllinite is relicts from chlorophyll around the cutinite bodies.

The color of the most studied Liptinite macerals is yellow with different intensity (Fig. 2) or orange, because of the low

rank of coalification of the coal (Taylor et al., 1998). Only the chlorophyllinite has bloody-red color. The Liptinite macerals have similar surface distribution as the Huminite macerals and their amount increases toward the central part of the basin (Кортенски et al., 2001).

**Macerals from the Inertinite group.** The amount of the Inertinite macerals in the studied coal is lowest, moreover it is below 1% (Table 1). The fusinite has lowest content (Table 1). It is highly destroyed and it was observed as small particles among the attrinite. The fusinite associates with the inertodetrinite. The sclerotinite is presented mainly by plectenhiminite, which was observed as relatively large bodies among the attrinite (Fig. 1c). It was established also one-cell and two-cell fungi-sclerotinite. The inertodetrinite particles associate mainly with attrinite (Fig. 1e) or fusinite. The Inertinite macerals increase their amount toward the periphery of the basin (Кортенски et al., 2001).

### Minerals

**Clay minerals.** They fill the lumens of the textinite, textoulminite and fusinite and create small lenses or associate with attrinite (Fig. 1e).

**Pyrite.** Its amount is low. It is fine-grained and it is presented from framboidal, euhedral and massive pyrite. They were observed as single grains among the attrinite and densinite (Fig. 1c, e). Sometimes pyrite was observed into the lumens of the textinite (Fig. 1b), textoulminite (Fig. 1d) or fusinite.

**Epigenetic calcite.** It was established into single cracks (Fig. 1f). Its amount is low (Table 1).

### Indices of the coal facies

On the basis of the petrographic composition the indices of the coal facies were determined. The maceral percentages, calculated on the basis of all matter were used.

**Groundwater Influence Index (GWI)** by Calder et al. (1991):

$GWI = \text{gelinite} + \text{corpohuminite} + \text{mineral matter} / \text{textinite} + \text{ulminite} + \text{densinite} = 0.1$

**Vegetation Index (VI)** by Calder et al. (1991):

$VI = \text{textinite} + \text{ulminite} + \text{fusinite} + \text{suberinite} + \text{resinite} / \text{densinite} + \text{inertodetrinite} + \text{alginate} + \text{liptodetrinite} + \text{sporinite} + \text{cutinite} = 22.35$

According to these two indices, the type of the peat bog was determined as "limnetic ombrotrophic forested swamp". Calder et al. (1991) determined the conditions of this type as low groundwater supplying and higher acidity.

**Tissue Preservation Index (TPI)** by Diessel (1992):

$TPI = \text{textinite} + \text{ulminite} + \text{fusinite} / \text{densinite} + \text{macrinite} + \text{inertodetrinite} = 78.76$

**Gelification Index (GI)** by Diessel (1992):

$GI = \text{huminite} + \text{macrinite} / \text{fusinite} + \text{inertodetrinite} = 634.15$

According these two indices, the origin of the peat bog was determined in a forested peatland or forested swamp with continuing increasing of the water level. According to Diessel (1992), the plant tissue was suffered of intermittently humification and strong gelification.

### CONCLUSION

The Chukurovo lignite is characterized with high content of Huminite macerals and low content of Inertinite macerals. The

high amount of textinite and ulminite is a result of accumulation of wood plants and well preservation of the plant tissue. They are low disintegrated and because of this reason the contents of attrinite and densinite is low. The presence of suberinite in the studied coal is related with wood plants and one part of them was coniferous, which is seen from the high content of resinite. According the maceral content, the Chukurovo lignite is located into group C (subgroup C<sub>1</sub>), divided by Шишков (1988) with accordance of the type of the coal-generated paleobiotypes. According to the maceral composition, the peat generation was developed in a typical forest swamp. It had been continuously wet, and because of that reason the Inertinite macerals are not many. There were established low contents of minerals – clastic (clay minerals) and singenetic (pyrite). The epigenetic calcite is accumulated into fractures of the coal seam. The calculated indices of the coal facies prove the conclusion for typical forested swamp. The values of Groundwater Index and the Vegetation Index determine the peat bog as limnetic ombrotrophic forested swamp. According to the Tissue preservation Index and Gelification Index the origin of the peat bog was in a continuously wet forested peatland or swamp.

The petrographic composition of the Chukurovo lignite is similar to the coal from Sofia province and they are characterized with high contents of textinite and ulminite, presence of corpohuminite and suberinite, relatively high content of resinite and low content of Inertinite macerals (Кортенски, 1993). But the maceral percentages are different for the Sofia coal. The Chukurovo coal is different than the Sofia province coal, because of the low amount of attrinite, densinite and fusinite and the presence of chlorophillinite. Some conditions of peat forming were different also and especially it relates for the Sofia basin after Kortenski and Sotirov (2001).

### REFERENCES

- Calder, J., M. Gibling, P. Mukhopadhyay. 1991. Peat formation in a Westfalian B piedmont setting, Cumberland basin, Nova Scotia: implications for the maceral-based interpretation or rheotrophic and raised paleomires. *Bull. Soc. Geol. France*, 162, №2, 283-298.
- Diessel, C. F. K. 1986. On the correlation between coal facies and depositional environment. *In: Proc. 20<sup>th</sup> Symp., Dep. Geol., Univ. Newcastle, N.S.W.*, 19-22.
- Diessel, C. F. K. 1992. *Coal-bearing Depositional Systems*. Springer, Berlin, 721.
- Kortenski, J., A. Sotirov. 2001. Petrography of the Neogene lignites from Sofia basin, Bulgaria. *Eighteenth Annual Meeting of The Sociati for Organic Petrology*, 18, Houston, 23-26 September, 59-62.
- Stach E., M. Mackowsky, M. Teichmüller, G. H. Taylor, D. Chandra, R. Teichmüller. 1982. *Stach's textbook of Coal Petrology*. 3<sup>rd</sup> Edn., Gebr. Borntraeger, Berlin-Stuttgart, 538.
- Taylor G. H., M. Teichmüller, A. Davis, C. F. K. Diessel, K. Littke, P. Robert. 1998. *Organic petrology*. Gebr. Borntraeger, Berlin-Stuttgart, 704.
- Кацков, Н., К. Илиев. 1993. *Обяснителна записка към геоложката карта на България, М 1:100 000*, Картен лист Ихтиман, 64 с.

- Кортенски, Й. 1993. Минералого-геохимични особености на въглища от Софийската провинция. - *Сп. БГД*, 54, 3, 98-108.
- Константинова, В. 1969. Петрогонетична характеристика на въглищата от неогенските басейни от Югозападна България. – *Изв. НИГИ*, 3, 311-326.
- Кортенски, Й., П. Павлов, Г. Павлова. 2001. Разпределение на мацералите, минералите, пепелообразуващите елементи и елементите - примеси във въглища от Чукуровския басейн. – *Год. на Минно-геоложки университет*, 43-44, 1, 101-109.
- Минчев, Д. 1963. Петрология на кафявите въглища в България. Петрографски изследвания на въглищата от Чукуровския басейн. – *Год. на Софийски университет, Биол.-геол.-геогр. Фак.*, 56, 2, 1-50.
- Паламарев, Е. 1964. Палеоботанически проучвания на Чукуровския каменовъглен басейн. - *Изв. Ботан. инст.*, 13, 5-80.
- Плачков, П., М. Стойнова. 1961. Състав на нашите лигнитни въглища. Съобщ. III. – *Год. НИИГТ*, 7, 1, 1-24.
- Шишков, Г. 1988. *Теоретични основи на биохимичната въглефикация*. С., Унив. И-во "Св. Кп. Охридски", 181с.

*Recommended for publication by Department  
of Economic Geology, Faculty of Geology and Prospecting*