

ПЕТРОЛОГИЯ НА КАФЯВИТЕ ВЪГЛИЩА ОТ ПИРИНСКИЯ БАСЕЙН

Йордан Кортенски, Александър Здравков

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", София 1700; jordan_kortenski@hotmail.com; alex_zdravkov@abv.bg

РЕЗЮМЕ. Въглищният пласт в Пиринския басейн е опробван в два разреза по цялата му дебелина и са взети още 10 пластови проби. Въглищните аншлиф-брикети са изследвани в отразена бяла и флуорисцентна светлина в маслена имерсия и е измерен показател на отражение на хуминита. Показателят на отражение на хуминита (средно 0,455%) определя въглищата като кафяви блестящи. Установено е, че мацералите от група Хуминит преобладават (от 81,8 до 91,4% на органична маса) и са представени от текстинит, улминит, атринит, денсинит, гелинит и корпопхуминит. Липоидните мацерали (споринит, кутинит, резинит, алгинит, суберинит, флуоринит, ексудатинит и липтодетринит) са в количество от 8,3 до 18,2%. Най-ниско е съдържанието на фюзенизирани мацерали (от 0,3 до 1,0%), като са представени предимно от фунгинит и по-малко фузинит и инертдетринит. Минералните примеси, определени микроскопски, са само глинести минерали и пирит в малко количество – от 0,3 до 11,9%. В отделни проби се наблюдава и марказит. Въглищата са изградени предимно от останки на висша широколистна растителност, при значително участие и на водораслови останки. Торфеното плато е било силно обводнено и средата е била слабоокислителна.

PETROLOGY OF THE SUB-BITUMINOUS COAL FROM THE PIRIN BASIN, BULGARIA

Jordan Kortenski, Alexander Zdravkov

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Sofia 1700; jordan_kortenski@hotmail.com; alex_zdravkov@abv.bg

ABSTRACT. The coal seam from the Pirin Basin has been sampled in two sections. In addition ten bulk samples have been also collected. Microscopical investigations using reflected and fluorescent light and reflectance measurements were processed. Based on the reflectance values (avg. 0.45%) the coal was defined as sub-bituminous C-B. Huminite group macerals (textinite, ulminite, attrinite, densinite, gelinite and corpohuminite) are dominant, composing 81.8 to 91.4 vol. % (mmf) of the coal. Liptinite macerals are represented by sporinite, cutinite, resinite, alginite, suberinite, fluorinite, exsudatinite and liptodetrinite in amount from 8.3 to 18.2 vol. % (mmf). The macerals from Inertinite group in Pirin coal are presented in amounts below 1 vol. %. The later are represented mainly by funginite. Rarely fusinite and inertodetrinite can be observed. The mineral matter is composed predominantly of clay minerals. Low amounts of pyrite (0.3 to 11.9 vol. %) and marcasite were also established. The coal is mainly composed by remains from angiosperm vegetation. However, the significant amounts of algae indicate that the coal was deposited in an environment, characterized by high water level and weakly oxic conditions.

Въведение

Пиринският басейн се намира в Югозападна България. Той попада в границите на Пернишката въглищна провинция, в която въглеността е свързана с Палеогенската въглеобразователна фаза. Петрографски изследвания на въглищата от Пиринския басейн са правени от Константинова (1964, 1972) и от Вълчева и Александров (1981). Описание на един профил на въглищния пласт в басейна по данни на Вълчева е приложено и от Ескенази и Чубриев (1984) при геохимичната характеристика на пиринските въглища.

Целта на настоящата работа е да актуализират петрографските изследвания, като чрез флуорисцентна микроскопия се допълнят данните за липоидните мацерали. Освен това при проведено опробване в 12 профила на въглищния пласт да се установи изменението на мацералния състав по площ и по разрез.

Геоложки особености

За подложка на въгленостите къснопалеогенски седименти служат докамбийски гнайси, шисти,

гнайсошисти, мигматити амфиболити, лептинити, и мрамори, както и интрузивни и вулкански скали (гранити, франодиорити, кварцмонзонити, феноандезити, фенодацити) с кредна и палеогенска възраст. Въгленостите наслаги са поделени на: *Логодашка свита*. Изградена е от пясъчници и глинести пясъчници, сред които се вклиняват дебели пластове от олигомиктови брекчи и брекчоконгломерати (с гнайсови и мигматитови късове). Дебелината на свитата надхвърля 700-800 m. Възрастта ѝ е определена като късно-еоценска. *Качовска свита*. Изградена е от пясъчници, прослоени в долната част от конгломерати, а в горната част от алевролити. Дебелината ѝ е около 370 m. Възрастта на свитата е среден олигоцен (Маринова, Загорчев, 1993). *Горещишка свита*. Лежи над Качовската свита и започва с пясъчливи въглищни аргилити и Брежанския въглищен пласт. Установен е един основен въглищен пласт с дебелина от 0,5 до 34 m, като се откриват до 3 пласта-спътници с малка дебелина и ограничено площно разпространение. Върху въглищния пласт залягат битумолити с дебелина до 29 m. Над тях следват алевролити, аргилити, пясъчници. Общата дебелина е около 100 m (Маринова и Загорчев, 1993). Покрива се съгласно от Ракитнишката свита. Възрастта на свитата се определя на среден-късен

олигоцен (Чернявска, 1970). *Ракитнишка свита*. Изградена е главно от пясъчници, сред които се проследяват конгломерати и пясъчливо-глинести алевролити. Дебелината ѝ е около 400 m. Възрастта ѝ е среден-късен олигоцен (Маринова, Загорчев, 1993). *Лулевска свита*. Изградена е от битумолити, пясъчници, алевролити, пясъчливи аргилити и кафяви въглища и представлява второ битуминозно и въгленоно ниво. Възрастта ѝ е късноеоценска, а дебелината 100-150 m (Вацев, 1984). Кватернерните образувания са представени от пролувиални и алувиални седименти, последните имащи значително развитие по долините на р. Струма и останалите реки в района. Те са изградени от дребнокъсови полигенни чакъли, дребно- до грубозърнести пясъци и глинести пясъци. Дебелината им в долината на р. Струма достига до 15-20 m (Маринова, Загорчев, 1993). Въгленосните седименти на Пиринския въглищен басейн запълват грабенова структура – Брежанския грабен. Той е ориентиран в ССЗ-ЮЮИ посока. Образуван е в резултат на блокови движения, които са твърде интензивни през средния олигоцен. В резултат на тези движения в рамките на Струмския разломен сноп се образува Брежанския грабен.

Материал и методика

Въглищният пласт е опробван в два разреза по цялата му дебелина и са взети още 10 пластови проби. Общия брой на изследваните проби е 31. За изследване на петрографския състав въглищата са смлени до 1 mm, споени с епоксидна смола и полирани. Така изработените аншлиф-брикети са изследвани в отразена бяла и флуорисцентна светлина в маслена имерсия на микроскоп NU-2, снабден с приставка за флуорисцентна микроскопия. Мацералният анализ е извършен по т.н. "two-scan" метод (Taylor et al., 1998), съобразно изискванията на ISO-7404-3. Използвано е автоматично броячно устройство тип Eltior 4, за да се определи процентното съдържание на мацералите и минералите, като във всяка проба са снемани отчети от минимум 600 точки. На микроскоп Leica DMRX с микрофотометър MPV-SP, при дължина на вълната 546 nm, маслена имерсия (nd=1.515), обектив 50x/0.85 и еталон Gadolinium-Gallium-Garnet (R=0,899) съгласно стандарта (ISO-7404-5) е измерена отражателната способност на витринита (хуминита) в 100 точки във всеки шлиф.

Резултати и дискусия

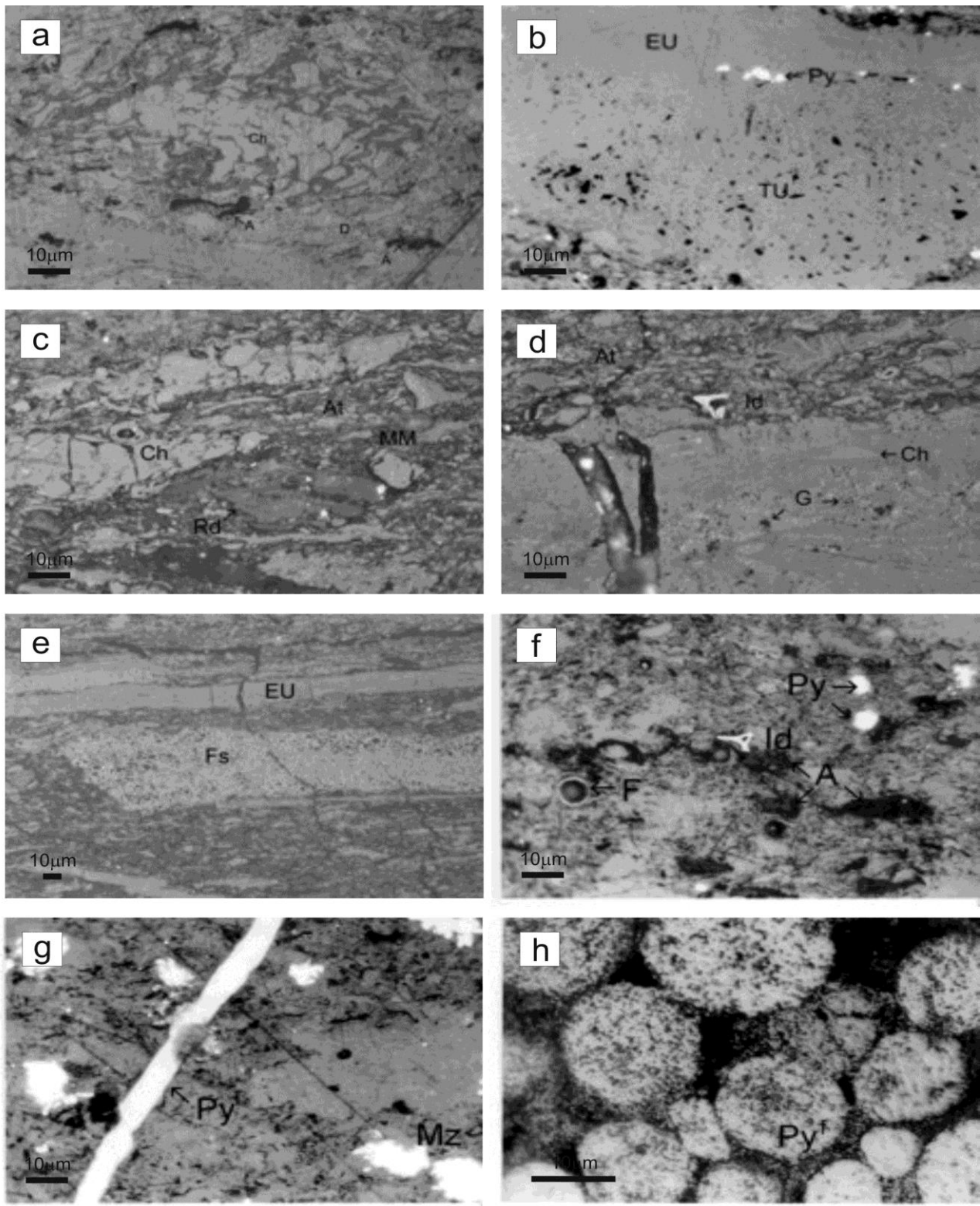
Във въглищата от Пиринския басейн е измерен показател на отражението от 0,35 до 0,63%. Средната отражателна способност в отделните проби варира от 0,419 до 0,52 (средно 0,455%). Тези стойности определят въглищата като такива с нисък ранг. Част от замерванията на отражението се доближават до граничната стойност на въглища със среден ранг – 0,6%, като известен минимален процент (до 5%) от тях дори са с по-високи стойности.

В пиринските въглища преобладават гелифицираните мацерали, а присъствието на инертинитови мацерали е незначително.

Група Хуминит. Мацералите от тази група са със съдържание от 81,8 до 91,4% на органична маса (табл. 1).

Текстинитът е установен само в половината от шлифите, като количеството му е до 1% (табл. 1). За него са характерни лещообразни тела, най-вероятно останки от корени на висши растения. Често клетъчните отвори са запълнени с корпохуминит (флобафинит) (Фиг. 1a). Съдържанието на мацералния тип еу-улминит е по-високо от това на текстолминита. Количеството на текстолминита се променя в по-тесен интервал – от 0,6 до 12,4% и част от пробите е много малко, докато това на еу-улминита варира от 10,1 до 44,7% (табл. 1). И двата мацерални типа на улминита се наблюдават под формата на издържани ивици с различна дебелина (Фиг. 1b) или като лещи сред хумодетринита (Фиг. 1e). Клетъчните им отвори много рядко са запълнени с резинит. Мацералите от подгрупа Хумодетринит са с най-високо съдържание, в част от пробите надвишаващо сумарното количество на всички останали мацерали (табл. 1). Количеството им варира от 35,6 до 69,5 % (табл. 1). Атринитът асоциира предимно с минералното вещество (Фиг. 1c, d) и с детритус от липоидни и инертинитови мацерали в отделни прослойки. Съдържанието на денсинит рязко преобладава особено в прослойки с по-малко минерално вещество (Фиг. 1a, f, g). Гелинитът не се установява единствено в три от изследваните проби, като в останалите съдържанието му варира от 0,3 до 11,3% (табл. 1). Преобладаващ мацерален тип е поригелинитът, запълващ клетъчни отвори в текстинит и текстолминит (Фиг. 1d). Количеството на корпохуминита варира в широки граници – от 1,3 до 13,7% (табл. 1). Наблюдавани са и двата му мацерални типа – флобафинит и псевдофлобафинит. Флобафинитът е отложен предимно в клетъчните отвори на текстинит (Фиг. 1c, d) и текстолминит.

Група Липтинит. Съдържанието на липоидни мацерали като цяло не е много високо и варира от 5,0 до 18,2% като преобладават липтодетринитът, алгинитът и на места споринитът (табл. 1). Съдържанието на споринит варира от 0,3 до 5,1% (табл. 1). Наблюдава се само микроспоринит, който е добре запазен. Споринитът се среща като единични тела (Фиг. 2a) и по-рядко образува струпвания от послойно разположени микроспори. Често асоциира с алгинит (Фиг. 1a) Количеството на кутинита е от 0,3 до 4,7% като в част от пробите не се установява (табл. 1). Кутинитът е често разкъсан, но понякога се наблюдава и добре запазен (Фиг. 2b). Асоциира с най-често с еу-улминит, който изгражда листни тъкани. Съдържанието на резинит е незначително. Установява се в единични проби с количество от 0,3 до 1% (табл. 1). Резинитът запълва клетъчни отвори на улминит (Фиг. 2d). Рядко се среща и детритен резинит, разпръснат сред основната маса (Фиг. 1c). Алгинитът е един от главните липоидни мацерали в пиринските въглища. Количеството му достига до 4,6% (табл. 1). Наблюдава се като единични малки тела (Фиг. 1a, f, 2a, b, f) или струпвания. Алгинитът често асоциира със споринит (Фиг. 2a), кутинит (Фиг. 2b) или флуоринит. Съдържанието на флуоринит е минимално. Установен е само в част от пробите, като количеството му е от 0,3 до 2% (табл. 1). Образува лещообразни струпвания в денсинита (Фиг. 2c). Екссудатинитът не се установява във всички проби. Съдържанието му варира от 0,3 до 1,8% (табл. 1). Наблюдава се предимно в клетъчните отвори на



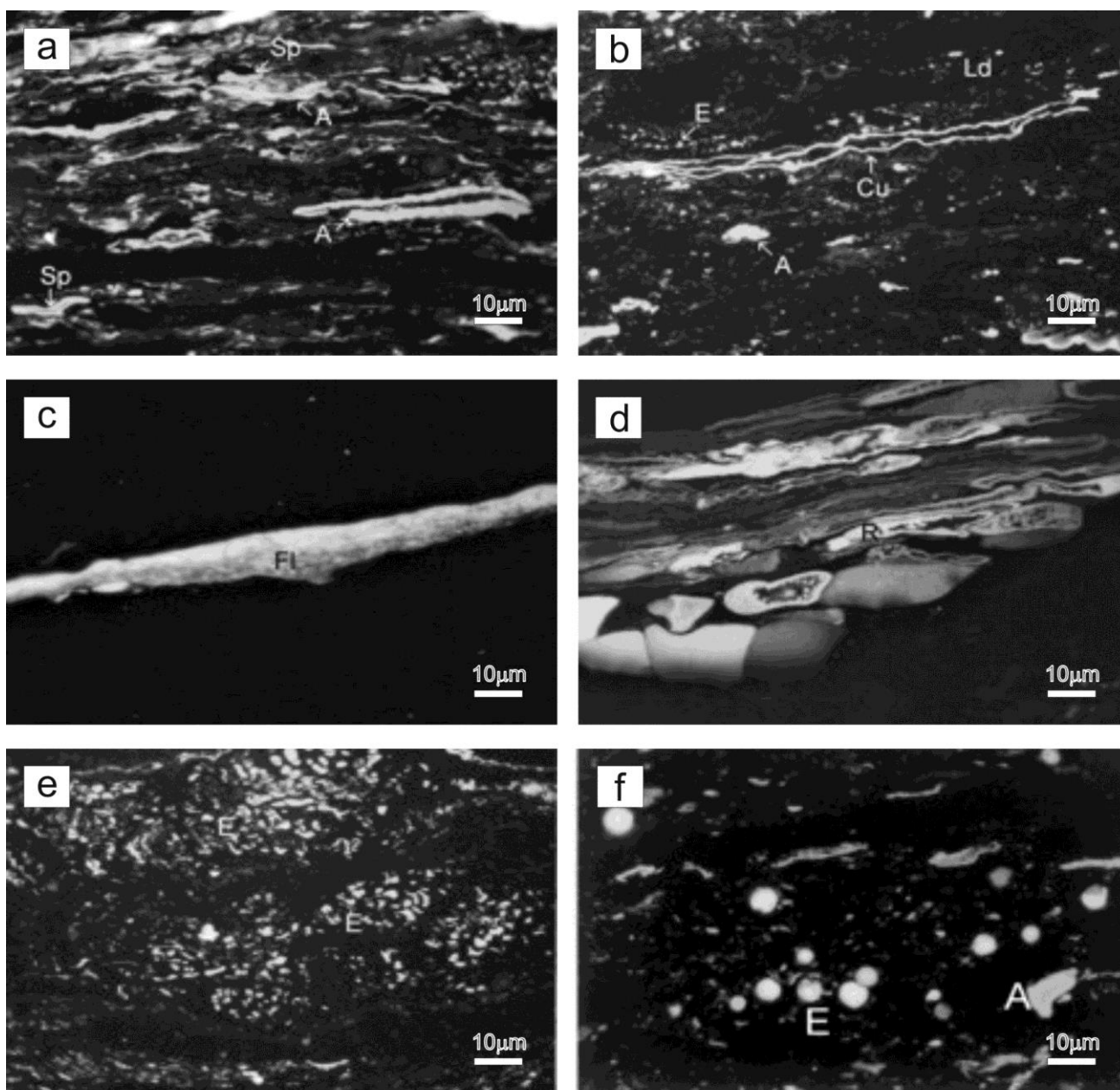
Фиг. 1. Мацерали и минерали във въглищата от Пиринския басейн (отразена светлина, маслена имерсия): а – текстинит (Т), корпохуминит (Ch), алгинит (А); б – текст-улминит (TU), еулминит (EU); с – атринит (At), минерални примеси (MM) корпохуминит (Ch), детритен резинит (Rd); д – корпохуминит (Ch) и поригелинит (G), запълващи клетъчни отвори в текст-улминит, атринит (At), инертодетринит (Id); е – фузинит (Fs), еу-улминит (EU); ф – инертодетринит (Id), алгинит (A), фунгинит (F), фрамбоидален пирит (Py); г – инфилтрационен пирит (Pyⁱ), марказит (Mz); h – фрамбоидален пирит (Py^f)

Таблица 1

Мацерален състав на въглищата от Пиринския басейн

Проба	T	TU	EU	Ch	G	Hd	HUM	Мацерален състав [на органична маса, %]										Ld	LIPT	Id	F	Fs	INERT	MM
								Sp	Cu	R	Al	Fl	Sb	E	Ld									
1554	2,0	5,7	41,3	4,7	2,3	36,3	91,3	1,7	2,7	0,0	0,0	0,3	0,7	0,0	2,3	7,7	0,0	1,0	0,0	1,0	3,0			
1561	0,3	3,0	21,3	4,3	5,7	50,9	85,5	1,0	3,3	0,0	0,7	2,0	0,0	0,0	8,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0			
1563	0,7	2,3	21,3	9,0	5,0	53,3	91,6	1,7	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	8,4	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3			
1569	1,0	2,0	18,2	3,7	11,3	52,7	83,9	2,3	1,0	0,0	0,7	0,7	0,0	0,0	4,7	9,4	0,0	1,7	0,0	1,7	5,0			
1571	3,3	1,0	19,0	8,0	4,0	51,3	86,7	2,3	1,3	0,3	0,7	1,7	0,0	0,0	6,0	12,3	0,3	0,7	0,0	1,0	2,7			
1572	1,0	1,7	15,3	8,6	3,3	58,0	87,9	1,3	1,3	1,0	0,3	1,3	0,0	0,0	5,3	10,5	0,3	1,0	0,3	1,6	3,3			
1573	1,7	2,3	20,7	6,7	7,7	48,3	87,4	2,0	2,3	0,3	0,3	1,7	0,0	0,0	4,0	10,6	0,0	2,0	0,0	2,0	2,3			
1576	0,0	1,7	16,2	8,7	3,3	58,0	87,9	1,3	1,3	1,0	0,3	1,3	0,0	0,0	5,3	10,5	0,3	1,0	0,3	1,6	3,3			
1580	0,0	1,0	34,0	7,0	3,3	45,7	92,0	1,3	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	7,3	0,0	0,7	0,0	0,7	2,3			
1581	1,7	1,7	44,7	7,3	2,3	35,6	94,3	0,7	1,0	1,0	0,0	0,3	0,0	0,0	2,0	5,0	0,0	0,7	0,0	0,7	3,3			
1582	0,0	0,7	34,0	3,7	5,0	46,9	89,4	1,3	2,3	0,0	1,7	0,3	0,0	0,0	5,0	10,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7			
Средно за	Пр.А						88,9									9,75				0,95	3,38			
1584	0,3	2,0	23,7	11,0	2,7	55,3	93,0	2,7	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7			
1585	1,7	4,0	32,7	6,0	2,0	45,6	92,0	0,3	1,7	0,3	0,0	0,3	0,0	0,0	4,7	7,3	0,0	0,7	0,0	0,7	0,7			
1586	1,0	0,7	12,9	5,7	1,3	61,7	83,3	2,0	4,7	0,0	0,7	0,0	0,0	0,3	5,3	13,0	0,0	3,7	0,0	3,7	0,7			
1587	1,0	2,7	33,0	11,7	4,7	48,3	91,4	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	7,6	0,0	1,0	0,0	1,0	1,0			
1588	1,3	1,7	38,3	8,3	2,3	40,5	92,4	1,7	3,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	7,3	0,0	0,3	0,0	0,3	6,7			
1589	0,3	1,7	34,3	6,7	3,3	44,0	90,3	2,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	7,7	0,0	2,0	0,0	2,0	0,7			
1590	0,0	1,7	25,7	9,0	4,0	52,7	93,0	0,3	0,7	0,0	0,7	1,0	0,0	0,0	4,0	6,7	0,0	0,3	0,0	0,3	5,0			
1591	0,0	1,3	18,0	13,7	3,0	54,7	90,7	2,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	8,3	0,0	1,0	0,0	1,0	5,7			
1592	0,0	1,7	24,7	6,3	5,0	53,9	88,3	1,3	0,7	0,0	0,3	1,0	0,0	0,0	5,7	9,0	0,0	2,7	0,0	2,7	10,3			
1594	0,3	2,3	26,3	8,3	2,7	51,4	91,3	0,7	1,3	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	3,7	7,4	0,0	1,3	0,0	1,3	0,7			
Средно за	Пр.В						90,57									8,13				1,3	3,22			
Pr1	0,0	1,9	10,1	9,1	0,6	66,2	87,9	2,8	0,0	0,3	2,8	0,0	0,0	0,3	5,9	12,1	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3			
Pr2	0,0	0,6	12,8	8,5	0,0	69,5	91,4	2,0	0,7	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	3,3	8,3	0,0	0,3	0,0	0,3	2,8			
Pr3	0,0	7,9	17,4	2,0	0,0	60,7	87,9	2,8	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	5,2	11,1	0,0	1,0	0,0	1,0	7,7			
Pr4	0,3	7,7	27,4	6,0	0,7	48,5	90,6	1,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	3,7	8,8	0,0	0,7	0,0	0,7	6,1			
Pr5	0,0	8,6	21,4	1,3	0,0	56,5	87,9	3,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	1,0	5,3	12,1	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3			
Pr6	0,0	12,4	20,6	3,2	1,0	48,8	85,8	4,1	0,3	0,0	4,4	0,0	0,0	0,3	4,7	13,8	0,0	0,3	0,0	0,3	6,8			
Pr7	1,0	10,0	18,0	2,6	0,3	49,9	81,8	5,1	0,4	0,0	4,0	0,4	0,0	1,1	7,3	18,2	0,0	0,0	0,0	0,0	11,9			
Pr8	0,3	9,1	18,1	1,7	1,0	55,7	85,9	3,2	0,4	0,0	3,2	0,7	0,0	1,8	3,9	13,1	0,3	0,7	0,0	1,0	8,4			
Pr9	0,3	7,8	25,2	2,6	1,3	47,6	84,8	3,2	0,4	0,0	4,6	0,0	0,0	0,7	6,4	15,2	0,0	0,0	0,0	0,0	6,1			
Pr10	0,3	7,7	20,0	6,2	2,2	49,5	85,8	4,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,7	5,0	13,6	0,0	0,6	0,0	0,6	0,3			
Средно							87,44									12,02				0,51	5,52			

Hum – гр. Хуминит; T – текстинит; TU – текстено-улинит; EU – еуулинит; Ch – корпохуминит; G – гелинит; Hd – хумодетринит; LIPT – гр. Липтинит; Sp – споринит; Cu – кутинит; R – резинит; Sb – суберинит; Al – аллит; FI – флуоринит; E – екссудатинит; Ld – липодетринит; Inert – гр. Инертинит; Fs – фузинит; Sfs – семифузинит; Id – инертдетринит; F – фунгинит; MM – минерално вещество.



Фиг. 2. Липоидни мацерали във въглищата от Пиринския басейн (флуорисцентна светлина, маслена имерсия): а – микроспоринит (Sp), алгинит (A); б – кутинит (Cu), алгинит (A), екссудатинит (E) в клетъчните отвори на текст-улминит, липтодетринит (Ld); с – флуоринит (Fl); д – резинит (R) в клетъчните отвори на тексоулминит; е – екссудатинит (E) в клетъчни отвори на тексоулминит; ф – екссудатинит (E) в камерите на фунгинит

текстоулминит или на фунгинит (Фиг. 2е, f). Суберинит е установен само в една от изследваните проби, като се наблюдава под формата на издържана ивица, асоциираща с еу-улминит. Липтодетринитът (Фиг. 2b) се установява неравномерно разположен в атринита и денсинита. Той е най-често срещания липоиден мацерал и количеството му варира от 2 до 8% (табл. 1). Асоциира с останалите липоидни мацерали, най-често с алгинит и споринит.

Група Инертинит. Присъствието на мацералите от тази група е символично, тъй като съдържанието им е ниско – от 0,3 до 3,7% (табл. 1). Фунгинитът присъства като единични тела, като в част от изследваните проби съдържанието му е от 0,3 до 3,7% (табл. 1). Установяват се тъкани на гъби (мицели, плектенхим) (Фиг. 2с) и едно- и многокамерни спори на гъби по ICCP (2001) (Фиг. 1с). Често телата са пиритизирани (Фиг. 1f), а в камерите е отложен екссудатинит (Фиг. 2f). Инертодетринитът се наблюдава като единични късчета (Фиг. 1d, f) в денсинита, като само в отделни проби и то предимно по разреза на пласта количеството му е 0,3% (табл. 1). Фузинит (Фиг. 1е) е установен в 2 проби по разрез А на пласта, в които съдържанието му е 0,3% (табл. 1). Наблюдавани са единични лещи с малки размери.

Минерални примеси. Представени са предимно от фрамбоидален (Фиг. 1f, h) и евхедрален (Фиг. 1b) пирит и глинести минерали (Фиг. 1с). По-рядко се наблюдава инфилтрационен пирит (Фиг. 1g), запълващ пукнатини във органичната маса. В част от пробите се наблюдават и дендритовидни марказитови агрегати (Фиг. 1g). Количеството им във въглищата не е голямо и е разпределено почти равномерно по разреза и по площта на пласта.

Разпределението на мацералите по разреза на пласта и в двата опробвани профила е почти равномерно. Прави впечатление повишеното съдържание на алгинит в долната част на пласта и в двата профила (табл. 1), което явно е резултат от постепенното заблätяване на водния басейн. Торфеното блато и било силно обводнено в следствие на което термичната деструкция на материала е била минимална, за което свидетелства ниското съдържание на инертинитови мацерали. Съдържанието на отделните мацерални групи е почти равномерно по площ в опробвания участък, като само в една точка (пр. 7), количеството на липоидните мацерали (главно споринит и липтодетринит) е по-високо за сметка на гелифицираните мацерали (табл. 1).

Заклучение

В пиринските въглища преобладават гелифицирани мацерали, като количеството им варира в тесни граници

както по разреза, така и по площта на въглищния пласт. Съдържанието на липоидни мацерали като цяло не е много високо. В долната част на пласта съдържанието на алгинит е повишено и в двата профила което явно е резултат от постепенното заблätяване на водния басейн. Петрографските особености на изследваните въглища и по-специално липсата на импрегнирани със смоли тъкани указват за преобладание на широколистна растителност в палеоблатото. Това заключение се потвърждава и от палеоботаничните изследвания на тези въглища (Паламарев, 1963). Торфеното блато и било силно обводнено, в следствие на което термичната деструкция на материала е била минимална. Обстановката на седиментация по време на торфогенезата е била спокойна и в торфеното блато е постъпвало не-голямо количество теригенен материал.

Литература

- Вацев, М. 1984. Литостратиграфия на палеогенските седименти от Брежанския грабен. – В: *Проблеми на геологията на югозападна България*. С., Техника, 36-42.
- Вълчева, С., П. Александров. 1981. Петрологична характеристика на въглищата от Пиринския басейн. – *Год. СУ, ГГФ*, 71, 1, 289-302.
- Ескенази, Гр., З. Чубриев. 1984. Елементи-примеси в углях месторождения Пирин. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 1, 56-72.
- Константинова, В. 1964. Петрогонетическа характеристика на старотерциерните въглищни басейни в Югозападна България. – *Изв. НИГИ*, 1, 317-328.
- Константинова, В. 1972. Приложение на диференциално-термичния анализ при определяне степента на овъгляване и на петрографския състав на кафявите въглища у нас. – *Год. Гл. упр. геология*, 16, 338-350.
- Маринова, Р. 1993. *Обяснителна записка към геоложката карта на България. М 1:100000, Картен лист Благоевград*, С., 68 с.
- Маринова, Р., И. Загорчев. 1993. *Геоложка карта на България М 1:100000. Картен лист Разлог. Обяснителна записка*. С., 62 с.
- Паламарев, Ем. 1963. Фосилната флора на Пиринския въгленосен терциер. – *Изв. бот. инст. БАН*, 11, 69-101.
- Чернявска, С. 1970. Спорополонови зони в някои старотерциерни въгленосни седименти в България. – *Изв. ГИ, Сер. Страт. и литол.*, 19, 79-100.
- ICCP. 2001. The new inertinite classification (ICCP System 1994). – *Fuel*, 80, 459-471.
- Taylor, G. H., M. Teichmüller, A. Davis, C. F. K. Diessel, K. Littke, P. Robert. 1998. *Organic Petrology*. Gebrüder Borntraeger, Berlin-Stuttgart, 704 p.