

ПРИЛАГАНЕ НА МЕЖДУНАРОДНАТА КЛАСИФИКАЦИЯ НА ВЪГЛИЩА В ПЛАСТА И МЕЖДУНАРОДНАТА КОДИФИКАЦИОННА СИСТЕМА ЗА ВЪГЛИЩА ОТ БАЛКАНСКИЯ БАСЕЙН

Йордан Кортенски¹, Александър Здравков¹, Димка Пиналова²

¹Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София; jordan_kortenski@abv.bg; alexzdravkov@abv.bg

²"Минпроект ЕАД", София

РЕЗЮМЕ. Пети въглищен пласт от Балканския басейн е опробвани с 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. Чрез технически анализ са определени и останалите класификационни параметри: обща и аналитична влага, пепелно съдържание, добив на летливи вещества, обща сяра и топлината на изгаряне на влажно и на сухо безпепелно гориво. Установен е и индекса на свободното бухване на коксовия остатък. Според определените показатели, съгласно Международната класификация на въглища в пласта въглищата от V пласт са ивичести предимно хумусни от среден ранг А – пербитуминозни със средно качество. Определен е кодът, съгласно Международната кодификационна система – 15 0 00 1 12 12 18 35.

Ключови думи: черни въглища, мацерали, Международната класификация на въглища в пласта, Международната кодификационна система, Балкански басейн

APPLYING THE INTERNATIONAL CLASSIFICATION OF IN-SEAM COALS AND THE INTERNATIONAL CODIFICATION SYSTEM TO THE COALS FROM BALKAN BASIN

Jordan Kortenski¹, Alexander Zdravkov¹, Dimka Pinalova²

¹University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia; jordan_kortenski@abv.bg; alexzdravkov@abv.bg

²Minproekt Ltd., Sofia

ABSTRACT. The present study is based on 10 whole-coal samples from the V coal seam in Balkan basin. The samples were analyzed using standard microscopy and technological techniques, including reflected white and fluorescent light studies, reflectance measurements, and determination of the total and analytical moisture contents, ash yield, total sulphur contents, volatile matter, and the combustion temperature of the coal. In addition, the index of coke swelling was determined. Based on the results from these investigations and according to the International Classification of In-Seam Coals the coals from the Vth seam in Balkan basin can be classified as banded, predominantly humic, intermediate A – perbituminous with intermediate quality. Furthermore, the code according to the International Codification System was determined to be 15 0 00 1 12 12 18 35.

Keywords: bituminous coal, macerals, International Classification of In-Seam Coal, International Codification system, Balkan basin

Въведение

Международната класификация на въглищата в пласта е разработена от Работна група по въглища към Европейската икономическа комисия. Целта на класификацията е да унифицира характеристиката на въглищата, като се използват три основополагащи параметъра. Те дават възможност за еднозначно определяне на въглищата като геолошко образувание:

- ранг (степен на въглефикация);
- петрографски състав (органичен фациес);
- качество (количество на примесите, неорганичен фациес).

Според Международната класификация на въглищата в пласта за въглища със среден и висок ранг се считат такива с висша топлина на изгаряне, определена на суха безпепелна маса, по-висока от 24 MJ/kg и среден

показател на отражението на витринита в маслена имерсия над 0.6%. Въглищата със среден ранг се означават като битуминозни (черни въглища по БДС) и са с отражение на витринита от 0.6% до 2.0%. Те се разделят на четири класа: D (парабитуминозни), C ортобитуминозни), B (метабитуминозни) и A (пербитуминозни). По петрографски състав въглищата се разделят на ивичести (предимно хумусни) и неивичести (масивни). По качество са: висококачествени (с пепелно съдържание A^d до 10%); със средно качество (A^d от 10 до 20%); нискокачествени (A^d от 20 до 30%); с много ниско качество (A^d от 30 до 50%).

За нуждите на вътрешната и международна търговия е създадена Международна система за кодификация на въглищата, която е приета от Европейската икономическа комисия под егидата на ООН. Системата за кодификация дава възможност за избягване на недоразуменията между

производители, търговци и консуматори за качествената характеристика на въглищата, която отговарят на изискванията на конкретните области на тяхното използване като определя общи критерии за определяне на качеството. Тези критерии за въглища от среден и висок ранг са включени в четиринадесетцифров код, който характеризира въглищата като промишлена суровина.

Основни параметри за кодификация са:

- среден показател на отражение на витринита – характеризира се от първите две цифри;
- третата цифра се определя от характеристиката на рефлектограмата;
- характеристика на мацералния състав – съдържанието на инертинитови и на липтинитови мацерали се отразява съответно от четвърта и пета цифра;
- индекс на свободното бухване на коксовия остатък – определя стойността на шестата цифра;
- добив на летливи вещества на суха безпепелна маса – характеризира се от седма и осма цифра от кода;
- пепелно съдържание на суха маса – определя девета и десета цифра;
- съдържание на обща сяра на суха маса – характеризира се от предпоследните две цифри;
- висшата топлина на изгаряне, определена на суха безпепелна маса се отразява от последните две цифри на кода.

Кратка геоложка характеристика на Балканския басейн

Басейнът е част от Балканската въглищна провинция (Siskov, 1996). Той заема част от Стара планина между Шипченския проход и прохода Вратник с дължина около 60 km. За възрастта на въгленосните наслаги в Балканския басейн има две хипотези. Според Бончев и др. (1975) се установяват две въгленосни нива – едното с ценоманска, а другото – с туронска възраст. Според Кънчев (1962), Николов (1979), Петров (1983) въгленосните наслаги са с ценоманска възраст. Каменов и др. (1964) привеждат данни за лагунна, Николов (1979) - за лагунно-барова обстановка, а според Петров (1983) ценоманският геокomплекс е паралимничен, като е с две пачки - лимнична и паралична. Подложка и оградни скали на басейна са наслаги с различна възраст: метаморфити от Берковската група (Кънчев и др., 1995), от горнопалеозойски монцодиорити, амфибол-биотитови гранодиорити, дребно- до едрозърнести гранити от Твърдишкия pluton, кварцпорфири и туф с пермска възраст, долнотриаски дребнокъсови конгломерати, едрозърнести пясъчници с прослойки от алевролити и аргилити от Петроханската теригенна група, среднотриаски варовици и доломити от Боснекската, Радомирската, Русиновделската, Твърдишката и Преславска свита, долиаски кварцови пясъчници до кварцити от Костинската свита (Кънчев и др., 1995), среднотуронски аргилити и пясъчници от Флишката задруга. И горнотуронските пясъчници, гравелити и конгломерати от Костелската свита.

Въгленосните торкредни наслаги са поделени на: *Основна теригенна задруга*. Заляга с ъглов дискорданс

върху триаски и юрски скали. Задругата е изградена главно от конгломерати, пясъчници, алевролити и аргилити с характерна червеникаво или пъстро оцветяване (Кънчев и др., 1995). Само пясъчниците са белезникави. Дебелината ѝ е много променлива – от 0 до 200m. Възрастта на задругата е ценоманска (Кънчев и др., 1995). *Въгленосна задруга*. Носител е на въглищата в Балканския басейн. Изградена е от аргилити (с тъмен цвят поради наличието на органично вещество) и по-малко пясъчници. Задругата включва осем пласта с дебелина от сантиметри до 0.8-1.5 m (Кънчев и др., 1995). Дебелината на задругата е от 80 до 120 m. Възрастта ѝ е ценоманска. *Надвъглищна мергелна задруга*. Представена е от сиви и сивожълтеникави глинесто-алевритови мергели с дебелина до 50-80 m (Кънчев и др., 1995). Възрастта ѝ е ценоманска. *Русалска свита*. Изградена е главно от пясъчници на места (Шешкиград, Дивина) с малко прослойки от алевроитово-глинести мергели (Кънчев и др., 1995). Дебелината на свитата е до 200m, а възрастта ѝ е ценоманска (Кънчев и др., 1995). Те са покрити от пясъчливо-глинести мергели с туронско-сенонски седименти от Мергелната задруга и туронско-сенонски седименти от Пясъчно-брекчоконгломератната задруга, Радовската свита, Флишоподобната задруга и Варовиковата задруга (Кънчев и др., 1995). Палеогенски скали от Източнишката свита, Варовиковата, Алевролитовата, Пясъчниковата и Флишката задруга и Задругата на дебелопластовия флиш (Кънчев и др., 1995).

Балканският басейн попада в пределите на Източнoбалканската тектонска зона. Тя включва две групи скални комплекси – преди горнокреден (цокъл) и горнокреднопалеогенски (Кънчев и др., 1995). Цокълът включва фрагменти от западнoбалканската тектонска зона, от Предбалкана и от Котленския цокъл. Горнокредно-палеогенският структурен етаж се характеризира с неколкoкратни значителни тектонски движения с начало ранен турон. Късният турон - ранният сенон се характеризират със силни нагъвателни движения, в резултат на които става обръщането и полягането на Шипченската и Твърдишката антиклинала (Кънчев и др., 1995). Главни структурни единици са Шипченската и Твърдишката антиклинали, Лудокамчийския синклиниорий, Бутурско-Чумеринската, Плачковската и Габровската синклинали и Борущенско-Радовската антиклинална зона (Кънчев и др., 1995). В резултат на тектонските движения Източнoбалканската тектонска зона, включваща горнокредни и палеогенски седименти и тяхната юрска подложка е навлечена на север върху зоната на Предбалкана. В района на басейна се установява и навличане на метаморфитите и гранитите от Средногорския антиклиниорий върху Източнoбалканската тектонска зона и по-точно върху Сливенско-Шипченския алохтон (Старопланински навлак) (Кънчев и др., 1995).

Методика

От въглищните пластове в Балканския басейн е опробван V пласт в 10 забоя. За изследване на петрографския състав въглищата са смлени до 1mm, споени с епоксидна смола и полирани. Така изработените аншлиф-брикети са изследвани в отразена и флуорисцентна светлина в маслена имерсия на микроскоп

NU-2, снабден с приставка за флуорисцентна микроскопия и обектив 40x/0.65. Мацералният анализ е извършен по т.н. Two Scan метод. Използвано е автоматично броячно устройство тип Eltinor 4, за да се определи процентното съдържание на мацералите и минералите, като във всяка проба са снемани отчети от минимум 500 точки. На микроскоп Leica DMRX с микрофотометър MPV-SP, при дължина на вълната $\lambda=546$ nm, маслена имерсия ($nd=1.515$), обектив 50x/0.85 и еталон Gadolinium-Gallium-Granat ($R=0,899$) съгласно стандарта е измерена отражателната способност на витринита (хуминита) в 100 точки във всеки шлиф.

За определяне на влагата въглищните проби са смлени до 3 mm, а за останалите параметри от техническия анализ до 0.2 mm. За определяне на индекса на свободното бухване едрината на смилане е до 20 mm. Всички анализи са извършени според приетите стандарти (ISO – 331, 589, 1015, 1170, 1171, 1928).

Резултати и дискусия

Мацерален състав на въглищата

При проведените микроскопски изследвания е установено, че преобладават гелифицираните мацерали, като общото съдържание на другите 2 групи не надвишава 10%, при преобладаване по-често на инертинитовите мацерали (табл. 1).

Група Витринит. Мацералите от тази група са с най-високо съдържание - от 86.8 до 95.3% (средно 90.74%) на органична маса (табл. 1).

Количеството на телинита е незначително и варира от 0.3 до 1.3% (табл. 1). Представен е от субмацерала телинит 2. Наблюдава се под формата на ивици. В запазените на места лумени на растителните тъкани са

отложени глинести минерали. Установени са три от субмацералите на колините: телоколинит, детроколинит и корпоколинит. Количеството на последния е незначително, като само в две проби (8 и 10) е 0.3% (табл. 1). Съдържанието на телоколинита варира от 21.0 до 31.3% (табл. 1). Телоколинитът се установява като масивни ивици или като отделни лещи. В този субмацерал често се наблюдават микропукнатини, в които се отлагат глинести минерали или пирит. Най-голяма е количеството на десмоколинита – от 50.9 до 63.7% (табл. 1). Този субмацерал изгражда масивни ивици, които включват останалите установени мацерали. Десмоколинитът е порест и напукан. Понякога се наблюдава преход между десмоколинит и витродетринит. Съдържанието на витродетринита варира от 3.4 до 14.5%, но само в две от пробите е над 10% (табл. 1). Витродетринитът асоциира предимно с минералното вещество и друг растителен детритус – инертодетринит и липтодетринит.

Група Екзинит. Липоидните мацерали са с най-ниско съдържание от трите групи – от 1.7 до 6.5%, средно 4.03% (табл. 1). Във въглищата от V пласт се наблюдават единични тела от добре запазен микроспоринит. Само в две от пробите (№2 и 7) е определено по-високо съдържание на споринит – респективно 0.4 и 0.3% (табл. 1). Екссудатинитът запълва клетъчни отвори на телинит, но по-често се наблюдава като лешообразни струпвания във витродетринита. Установен е във всички проби като съдържанието му варира от 1.7 до 5.2% (табл. 1). Липтодетринитът се установява неравномерно разположен във витродетринита. Количеството му е определено в три от пробите (№1, 3 и 5) и е от 0.3 до 1.3% (табл. 1).

Група Инертинит. Съдържанието на мацералите от тази група достига до 7.5%, като само в една пробите е под 1% (табл. 1).

Таблица 1

Петрографски състав на въглищата от V пласт

Vitr – група Витринит; Lipt – група Екзинит; Inert – група Инертинит; T2 – телинит 2; Sp – споринит; Fs – фузинит; TC – телоколинит; E – екссудатинит; SFs – семифузинит; DC – десмоколинит; Ld – липтодетринит; Id – инертодетринит; CC – корпоколинит; VD – витродетринит; MM – минерално вещество

Мацерален състав на органична маса, %															
№	T2	TC	CC	DC	VD	Vitr	Sp	E	Ld	Lipt	Fs	SFs	Id	Inert	MM
1	0.3	23.9	0.0	59.6	8.5	92.3	0.0	2.8	0.3	3.1	1.3	1.0	2.3	4.6	5.3
2	0.6	30.6	0.0	56.8	4.5	92.6	0.4	3.5	0.0	3.9	0.3	1.0	2.3	3.5	5.3
3	1.3	21.0	0.0	54.4	10.2	86.8	0.0	5.2	1.3	6.5	0.3	0.6	5.7	6.7	3.9
4	0.3	22.9	0.0	58.2	5.9	87.4	0.0	4.1	0.0	4.1	1.0	0.0	7.5	8.5	4.2
5	0.9	31.3	0.0	53.3	4.6	90.1	0.0	3.0	0.7	3.7	1.5	0.0	4.6	6.2	2.5
6	0.3	21.5	0.0	63.3	3.4	88.5	0.0	4.3	0.0	4.3	1.9	2.2	3.1	7.2	1.9
7	0.3	23.8	0.0	55.5	7.3	86.9	0.3	5.1	0.0	5.4	1.6	2.9	3.2	7.6	5.4
8	1.0	25.5	0.3	50.9	14.5	92.3	0.0	4.1	0.0	4.1	0.3	0.3	3.0	3.6	6.0
9	1.0	29.0	0.0	61.0	4.3	95.3	0.0	3.4	0.0	3.4	0.7	0.0	0.7	1.3	4.5
10	0.3	27.5	0.3	63.7	3.4	95.2	0.0	1.7	0.0	1.7	0.3	0.0	2.7	3.1	4.0
Средно						90.74 ± 3.26				4.03± 1.27				5.23± 1.34	4.3± 13

Макар и в неголямо количество, фузинитът е установен във всички изследвани проби. Съдържанието му е от 0.3 до 1.9 (табл. 1). Наблюдаван е като разкъсани лещи от деградофузинит сред десмоколините и витродетринита. Установяват се и отделни лещи от пирофузинит, често с разкъсани стени на клетъчните отвори. В лумените на пиро- и деградофузинита са отложени глинести минерали, рядко пирит. Семифузинитът присъства в част от изследваните проби в съдържание от 0.3 до 2.9% (табл. 1). Установяват се лещи с различна големина, най-често в асоциация с витридетринит. Инертодетринитът се наблюдава като единични късчета в десмоколините или витродетринита. Обикновено асоциира с пиро- и деградофузинита. Количеството му е най-голямо от всички инертинитови мацерали – от 0.7 до 7.5%, като само в една от пробите е под 1% (табл. 3.1).

Отражение на витринита

Средната стойност на показателя на отражение на витринита в маслена имерсия за въглицата от V пласт варира от 1.195 до 1.776% – средно 1.566%. Това определя изследваните въглища като пербитуминозни. Само в проба 1 въглицата могат да се определят като метабитуминозни, тъй като всички замервания и средната стойност е под 1.4% (фиг. 2а). В повечето от пробите измерения показател на отражение е около средния за пласта (фиг. 2б), но се наблюдават и стойности надвишаващи средната с близо 0.2% (фиг. 2в). Обикновено замерванията на показателя на отражение са в тесен интервал и десетте проби, като разликата между минималните и максималните стойности е от порядъка на 0.12-0.15% (фиг. 2). Рефлектограмите са без прекъсвания (фиг. 2).

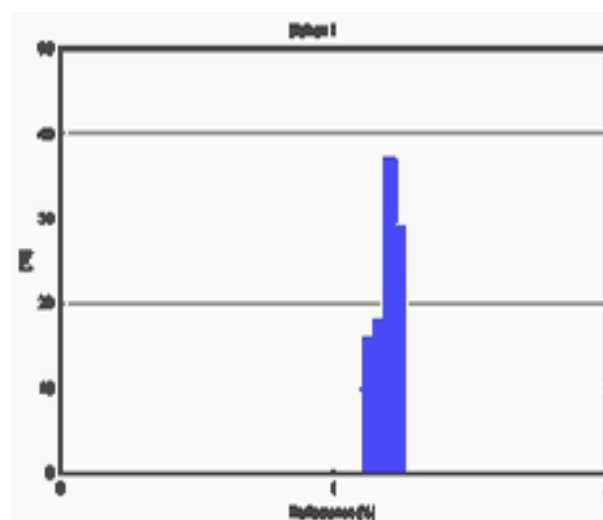
Химическа характеристика на въглицата от V пласт

Определени са само показатели, необходими за класифицирането и кодификацията на изследваните въглища. Общата влага във въглицата от V пласт варира от 11.1 до 15.1%, средно 12.80% (табл. 2). Аналитичната влага е значително по-ниска – средно $0.87 \pm 0.09\%$ и е почти постоянна (табл. 2). Съдържанието на обща S е ниско (средно 1.84%) и само в три проби е малко над 2% (табл. 2). В сравнително тесни граници варира пепелното съдържание в различните проби – от 6.5 до 16.4% (табл. 2). Средната му стойност е 12.34%. Средният добив на летливи вещества за въглицата от V пласт е 13.93 ± 1.39 (табл. 2). В отделните места на опробване добивът на летливи вещества варира от 11.4 до 15.4% (табл. 2). Определен е индекс на свободното бухване на коксовия остатък, който варира от 0 до 2, а средната му стойност е 1.3 ± 0.59 (табл. 2). Топлината на изгаряне на сухо безпепелно гориво е почти еднаква в отделните проби (от 35.09 до 35.55 MJ/kg), а средната ѝ стойност е определена на 35.37 MJ/kg (табл. 2). Топлината на изгаряне на влажно безпепелно гориво е със стойности от 30.31 до 31.55 MJ/kg, а средната стойност е 30.84 MJ/kg (табл. 2).

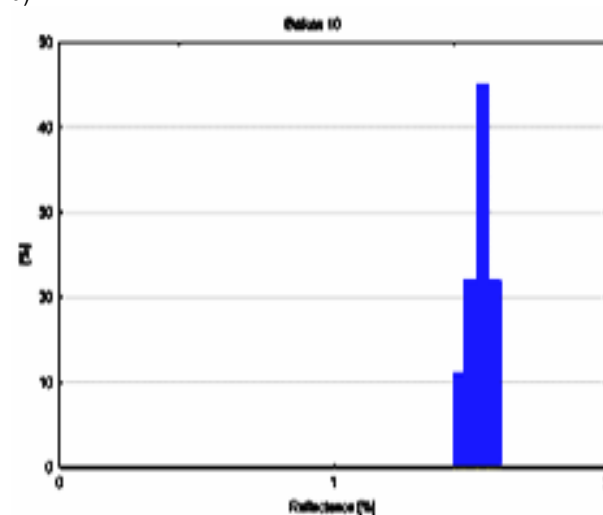
Класифициране на въглицата по Международната класификация на въглицата в пласта

Въглицата V пласт според показателя на отражение на витринита (над 0.6%) и топлината на изгаряне на влажно

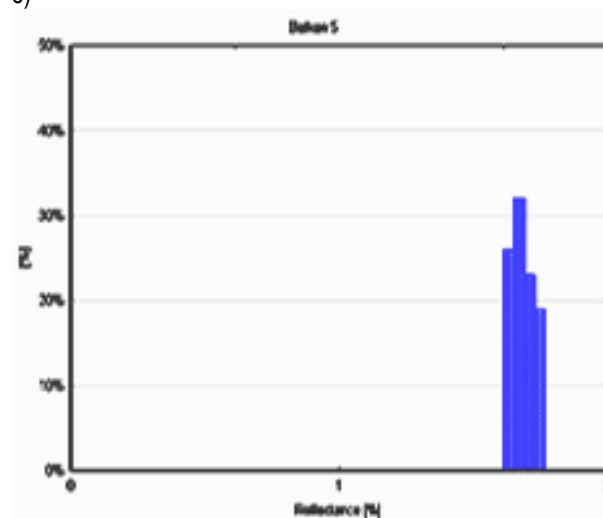
безпепелно гориво (над 24 MJ/kg) се определят като такива със среден ранг.



а)



б)



в)

Фиг. 2. Рефлектограми на показателя на отражение на витринита. а) за проба 1; б) за проба 10; в) за проба 5

Таблица 2

Резултати от химическия анализ на въглищата от V пласт

Про-ба №	W _r , %	W _a , %	V ^{daf} , %	I	A ^{db} , %	S _t ^{db} , %	Q _s ^{daf} , MJ/kg	Q _s ^{maf} , MJ/kg
B1	11.1	0.9	15.4	2.0	15.4	1.95	35.49	31.55
B2	12.9	0.8	14.8	1.0	13.8	2.13	35.25	30.70
B3	12.7	0.8	14.7	1.5	13.8	1.99	35.52	31.01
B4	13.2	0.8	14.0	1.0	11.7	1.77	35.35	30.68
B5	13.1	0.8	14.5	1.5	12.9	2.01	35.32	30.69
B6	12.2	0.8	13.7	1.5	11.1	1.78	35.09	30.81
B7	12.4	0.9	14.4	1.5	15.2	1.78	35.29	30.91
B8	11.2	0.9	14.9	2.0	16.4	2.04	35.16	31.22
B9	15.1	0.9	11.4	0.0	6.5	1.46	35.70	30.31
B10	14.1	1.1	11.5	1.0	6.6	1.48	35.55	30.54
Сред-но	12.8 ± 1.21	0.87 ± 0.09	13.9 ± 1.39	1.3 ± 0.59	12.3 ± 3.46	1.84 ± 0.23	35.37 ± 0.19	30.84 ± 0.35

W_r, % – обща влага; W_a, % – аналитична влага; V^{daf}, % – добив на летливи вещества; I – индекс на свободното бухване; A^{db}, % – пепелно съдържание на суха маса; S_t^{db}, % – обща сяра на суха маса; Q_s^{daf}, MJ/kg – топлина на изгаряне на сухо безпелно гориво; Q_s^{MAF}, MJ/kg – топлина на изгаряне на влажно безпелно гориво

Според Международната класификация на въглищата в пласта те са въглища със среден ранг А – пербитуминозни, тъй като коефициентът на отражение на витринита е 1.5658%. Определената средна топлина на изгаряне на влажно безпелно гориво е 30.84 MJ/kg (табл. 2).

Втората характеристика е петрографският състав. Според него въглищата от V пласт се определят като ивичести предимно хумусни, с приблизително равни съдържания на липоидни и инертинитови мацерали и най-голямо количество на гелифицирани мацерали – 90.74% (табл. 1). Третата характеристика е качеството на въглищата. Въглищата от V пласт са със средно качество, тъй като пепелното им съдържание е 12.34% (табл. 2). Всички тези резултати се илюстрират от фиг. 1, която показва Международната класификация на въглищата в пласта и мястото на V пласт в нея.

Кодифициране на въглищата от V пласт по Международната система на кодификация.

Според средните стойности на основните параметри за въглищата от V пласт е определен следният код:

15 0 00 1 12 12 18 35

Този код означава, че:

- средният показател на отражение на витринита е от 1.5 до 1.6%;
- рефлектограмата е със стандартното отклонение под 0.1 и без прекъсвания (фиг. 2);
- съдържанието на инертинитови мацерали е от 0 до 10% и на липтинитови мацерали от 0 до 5% (табл. 1);
- индексът на свободното бухване на кокса е от 1 до 1.5 (табл. 2);
- добивът на летливи вещества на суха безпелна маса е 12 до 14% (табл. 2);
- пепелното съдържание на суха маса е от 12 до 13% (табл. 2);
- съдържането на обща сяра на суха маса е в интервала от 1.8 до 1.9% (табл. 2);

- висшата топлина на изгаряне, определена на суха безпелна маса е от 35 до 36 MJ/kg (табл. 2).

Заклучение

Въглищата от V въглищен пласт са класифицирани по Международната класификация на въглища в пласта (*International Classification of in-Seam Coals*, 1998). Според средните стойности на основните параметри е извършено кодифициране на същите въглища съгласно Международната система за кодификация на въглища от среден и висок ранг (*Международная система...*, 1988).

Въглищата са **ивичести предимно хумусни от среден ранг А – пербитуминозни със средно качество**, съгласно определените характеристики:

- средни стойности на показателя на отражение на хуминита – над 0.6% (от 1.20 до 1.78%, средно 1.566%) при средна топлина на изгаряне на влажно безпелно гориво 30.84 MJ/kg;
 - петрографски състав – гр. Витринит 90.74%, гр. Екзинит 4.03%, гр. Инертинит 5.23%;
 - средно пепелно съдържание 12.34%.
- Определен е код **15 0 00 1 12 12 18 35**, въз основа на:
- среден показател на отражение на витринита 1.5658%;
 - характеристика на рефлектограмата – със стандартното отклонение под 0.1 и без прекъсвания на рефлектограмата;
 - съдържание на инертинитови мацерали 5.23% и на липтинитови мацерали 4.03%;
 - индекс на свободното бухване на кокса 1.3;
 - добив на летливи вещества на суха безпелна маса 13.93%;
 - пепелно съдържание на суха маса 12.34%;
 - съдържание на обща сяра на суха маса 1.84%;
 - висша топлина на изгаряне, определена на суха безпелна маса 35.37 MJ/kg.

Литература

- Бончев, Е., М. Йорданов, Г. Мандов, П. Пиронков, Ст. Стоянов. 1975. Нов поглед върху геоложкия строеж на Балканския въглищен басейн. – *Геот., тектонофиз. и геодинамика*, 2, 27-52.
- Каменов, Б., И. Колев, З. Николов, И. Стоянов. 1964. Балканският въглищен басейн. – В: *Сб. в чест на акад. Й. Йовчев*. С., 375-429.
- Кънчев, Ил. 1962. Тектоника на Елено-Твърдишка и Тревненска Стара планина. – В: *Приноси към геологията на България*. 1, 329-408.
- Кънчев, И., Т. Николов, Н. Рускова, В. Миланова. 1995. *Обяснителна записка към геоложката карта на България. М 1:100 000, к.л. Твърдица*. С., 139 с.
- Николов, З. 1979. Модел за формирането на горнокредната въгленосна формация в Балканския въглищен басейн. – *Год. СУ, ГГФ*, 71, 1, 317-322.
- Петров, П.И. 1983. Ценоманският паралимничен пясъчниково аргилитен геоконплекс в Централни Балканиди. – В: *Сб. 30 год. ВМГИ*, 2, 191-199.
- Международная система кодификации углей среднего и высокого рангов*. 1988. ООН, Нью Йорк, 20 с.

- ICCP. 2001. The new inertinite classification (ICCP System 1994). – *Fuel*, 80, 459-471.
- ISO-331:1983. Coal. Determination of moisture in the analysis sample. Direct yimetric method. 3 p. International Organization for Standardization-ISO, Geneva. 1983.
- ISO-589:1981. Hard coal. Determination of total moisture. 6 p. International Organization for Standardization-ISO, Geneva, 1981.
- ISO-1015:1975. Brown coals and lignites. Determination of moisture content. Direct volumetric method. 3 p. International Organization for Standardization-ISO, Geneva, 1975.
- ISO-1170:1977. Coal and coke. Calculation of analyses to different bases. 1 p. International Organization for Standardization-ISO. Geneva, 1977.
- ISO-1171:1981. Solid mineral fuels. Determination of ash. 2 p. International organization for Standardization-ISO. Geneva, 1981.
- ISO-1928:1976. Solid mineral fuels. Determination of gross calorific value by the calorimeter bomb method_ and calculation of net calorific value. 14 pp. International Organization for Standardization-ISO, Geneva, 1976.
- International Classification of in-Seam Coals*. 1998. United Nations, New York, 41 p.
- Šiškov, G. D. 1996. Bulgarian low rank coals geology and petrology. – In: *European Coal Geology and Technology* (Eds. R. Gayer, J. Pesek). Geol. Soc. Publ. House, in press.
- Taylor, G. H., M. Teichmüller, A. Davis, C. F. K. Diessel, K. Littke, P. Robert. 1998. *Organic Petrology*. Gebrüder Borntraeger, Berlin-Stuttgart, 704 p.

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