

Минералого-геохимични особености на въглища от Софийската провинция

Йордан Кортенски

Минно-геоложки университет, 1156 София

J. Kortenski — *Mineral-geochemical peculiarities of coals from the Sofia province.*

The mineral composition, and the trace elements contents and distribution in the coals from the Beli breg, Sofia, Chucurovo and Karlovo basins in the Sofia coal province are compared. There are not data in the literature on this problem.

The following relationships are established:

The acidity of the peat bogs increases from west to east. This is a result of the lithological composition of the rocks from the coast line of the peat bogs. The kind of the clay minerals are changed from west to east as follows: the illite predominates in the west side of the province in the presence of the montmorillonite, but in the east side the kaolinite prevails. The carbonate minerals amount decreases from west to east. Changes are observed in the pyrite forms: in the west side of the province (Beli Breg Basin) the bacterial framboidal pyrite is not founded, but in the east side — it prevails. The amount of the clastic quartz is almost invariable in coals from different basins. These trends are in connections with the conditions in the bogs in time of the peatgenesis, which are determined from the lithological contents of the rocks from the coast line and from the feeding kind and lavish. From west to east decrease the amount of limestone in the flanke rocks and the ground feeding amount.

General trend in the distribution of the trace elements is the high contents of some elements in coals from the four basins (*Cu, Ag, Pb, Zn, Sn* and *As*). This elements are connected probably with the occurrence of sulphide mineralization in the rocks from the feeding provinces. A typomorphic elements in the west side of the Sofia province (Beli Breg Basin) are connected mainly with the inorganic matter and probably this elements, which are typical for the carbonate minerals (*Mn, Sr, Ba*). The elements with high clark concentration are predominant in the central side of the province (Sofia and Chucurovo Basins).

The interesting trend is established in the trace elements connection with the organic matter. The elements, which connected with the organic matter are least in coals, which are forming in more alkaline environment (the coal from Beli Breg Basin). At the same time, the amount of the elements, which are connected with the organic matter, is little and in the coal, which are forming in the acidity environment in the time of the peat genesis (Chucurovo Basin). Probably, the weakly acidity environment is optimal for the combination of the trace elements in element-organic compounds, i. e. for stronger connection with organic matter. Therefore, the elements, which are connected almost totally with the organic matter, are mostly in the coal from the Karlovo Basin (Table 3). At the same time, the connection with organic matter is analogical in the coals from Karlovo and Sofia. This coals are forming especially in the peat bogs with weakly acidity environment.

The grouping of the trace elements in geochemical associations also is very similar. This are depended from the property of the elements and of the environment in the peat bogs. Mostly *Ni* and *Co*; *Pb, Cu* and *Ag*; *Mn* and *Zn*; *Ba* and *Sr* are associated. The *Sc-Y* association is typical for this coals. Often *Be, Ge, As, Mo, Yb* are grouping, and are associated with *Sc* and *Y*.

The next factors influence on the mineral composition and distribution, on the distribution and grouping of the trace elements and this fixation in the coals from basins of the Sofia coal province: 1) lithology composition of the rocks from the feeding province; 2) the kind and amount of the peat bogs feeding; 3) the environment in the time of the peat genesis and 4) the tectonic situation in the time of the peat genesis and the lithogenesis.

Софийската провинция е обособена в Западното Средногорие като ивица със субекваториална посока (фиг. 1) (Минчев, 1961). Въглеобразуването е свързано с неогенската въглеобразователна фаза. То е започнало през средния миоцен и е продължи-



Фиг. 1. Местоположение на басейните от Софийската въглищна провинция: 1 — Белобрежки, 2 — Софийски, 3 — Чукуровски, 4 — Карловски; а — Софийска провинция, б — въглищен басейн

Fig. 1. Location of the basins from the Sofia province: 1 — Beli Breg, 2 — Sofia, 3 — Chukurovo, 4 — Karlovo; а — Sofia province, б — coal basin

ло през плиоцена (Ш и ш к о в, 1986). Въгленосните наслаги са отложени в грабенови синклинали. Обособени са три литостратиграфски единици. Само в Софийския басейн са отделени една задруга и една група (Софийската), включваща три свити с два въгленосни члена (К а м е н о в, К о ю м д ж и е в а, 1983). С изключение на Чукуровския в останалите басейни основен носител на запасите е един въглищен пласт с относително голяма дебелина. Въглищата са лигнитни — клас O_1 , като отражателната способност на хуминита от тези на Карловския и Белобрежкия басейн е по-висока (Š i š k o v, 1985). Подробно описание на минералния състав на въглищата от Белобрежкия и Софийския басейн е направено от К о р т е н с к и (1989, 1990), за Карловския — от К о р т е н с к и, Д и м и т р о в (1989), а за Чукуровския са използвани данни на М и н ч е в (1963), допълнени от изследвания на автора.

Разпределението на елементите-примеси във въглищата е изследвано от К о р т е н с к и (1986а, 1989, 1991), К о р т е н с к и, Б а к ъ р д ж и е в (1989), а за Чукуровския басейн — от М и н ч е в, Е с к е н а з и (1961), Е с к е н а з и (1969, 1972) и Е s k e n a z y (1982), като са използвани и данни на автора. Елементите-примеси са определяни чрез полуколичествен спектрален, атомно-адсорбционен и неутронно-активационен анализ.

В настоящата работа е направена съпоставка на минералния състав на неорганичното вещество и съдържанието и разпределението на елементите-примеси във въглищата, за да бъдат установени общите черти и различията в условията на торфонатрупването.

Минерален състав на неорганичната част на въглищата

В минералния състав във въглищата от различни басейни се установява сходство в минералния състав, но и съществени различия в количеството или формата на присъствие на един или друг минерал, което се предопределя от скалния състав на подхранващата провинция, начина на подхранване и от физико-химичната характеристика на торфените блата.

Силикатни минерали. Преобладават глинестите минерали, от които илитът е установен във въглищата от всички басейни (табл. 1). Каолинит се наблюдава в почти всички въглища, а монтморилонит — само в Белобрежкия басейн. Халуазитът е акцесорен минерал. Кварцът присъства повсеместно и е изключително кластогенен, а

Таблица 1

Минерален състав на въглищата от басейни от Софийската въглищна провинция

Table 1

Mineral composition of coals from a basins from the Sofia coal province

Минерали	Басейни			
	Белобрежки	Софийски	Карловски	Чукуровски
Силикати	монтморилонит или кварц	илит каолинит халуазит, кварц	каолинит или кварц, анортит	илит, каолинит кварц
Сулфиди	пирит халкопирит	пирит халкопирит	пирит	пирит халкопирит
Карбонати	калцит	калцит доломит	калцит сидерит	

количеството му е приблизително еднакво. Анортит е установен само във въглищата от Карловския басейн (табл. 1). В Белобрежкия басейн преобладава илитът, а в Софийския количеството му е малко по-високо от това на каолинита, докато в Карловския и особено в Чукуровския басейн доминира каолинитът.

Сулфидни минерали. Пиритът е установен във всички въглища, като изцяло е образуван по време на торфогенезата. Само във въглищата от Софийския басейн е установен инфилтрационен пирит (Кортенски, 1989). Наблюдавани са различни форми на присъствие, като фрамбоидалният пирит е предимно бактериален. Единствено в Белобрежкия басейн такъв не се установява (Кортенски, 1990). Количеството на халкопирита е минимално, а във въглищата от Карловския басейн не се установява (Кортенски, Димитров, 1989).

Карбонатни минерали. Такива не са наблюдавани във въглищата от Чукуровския басейн, а и съдържанието на СаО и MgO във въглищната пепел е много ниско — до 2—3% (Йовчев, 1960). Във въглищата от останалите басейни преобладава калцитът. В Софийския басейн е установен доломит (Кортенски, 1989), а в Карловския и сидерит (Кортенски, Димитров, 1989). Обикновено карбонатите са фино примесени с хумдетринита и глинестите минерали във въглищата. По-рядко се наблюдава кластогенен и малко количество ксеноморфен калцит (Белобрежки басейн), органогенен калцит (Софийски басейн) и ксеноморфен сидерит във въглищата от Карловския басейн (Kortenski, 1992).

Разпределението на минералите във въглищата от различните басейни се обуславя преди всичко от литоложкия състав на подхранващата провинция и динамиката на средата. В Белобрежкия басейн е преобладавало грунтово подхранване от юрските и кредните варовици, което определя и неутралната до слабо алкална среда (Кортенски, 1990). Установено е, че грунтовото подхранване в Софийския басейн е било обилно само в отделни етапи и е свързано с юрските варовици. Минералните вещества са постъпвали с кластогенния материал, свличан в торфеното блато от ограждащите го долнотриаски седименти (Кортенски, 1989). Във връзка с това е установената по-кисела до неутрална среда по време на торфогенезата — pH — 3,5—6,5 (Кортенски, 1989). Бреговата ивица на торфеника при Чукуровския басейн е изградена почти изцяло от долнотриаски наслаги, в които отсъствуват карбонатни скали, поради което на диаграмата на киселинността на средата, чрез резултатите от химичния анализ на пепелта се определя кисела среда в торфеника — pH е 3,5 до 5. Грунтовото подхранване от горнокредните наслаги при Карловския басейн е било слабо, като минералните вещества са постъпвали с кластогенния материал, поради което pH е между 3,5 и 6 (Кортенски, Димитров, 1989).

Неутралната до слабо алкалната среда в Белобрежкия басейн обуславя отлагането на илит и дори на монтморилонит, за които според Костов (1973) pH е опти-

мално за тяхното формиране. Същевременно калцитът е в голямо количество. По-киселата среда в Софийския басейн, особено в отделни етапи от съществуването на торфището е причина за отлагане на каолинит и халуазит, като количеството на първия е почти равностойно на това на илита. Едновременно с илита са се отлагали криптозърнести калцит и доломит. При временните удълбочавания на блатото се е развивала сладководна фауна, останки от черупките на която са запазени в отделни прослойки и са означени като органогенен калцит. В голямо количество тук е бактериалният фрамбоидален пирит (Кортенски, 1989), докато във въглищата от Белобрежкия басейн той не е установен. По-високата киселинност в торфеното блато на Карловския басейн определя преобладаващото количество на каолинита спрямо илита. Паралелно с илита се е отлагал криптозърнест калцит. Преобладаващото количество калциеви и магнезиеви йони са образували елементоорганични съединения с хуминовите киселини. Някои от тях са оставали несвързани във фюзенизираните тъкани и едва в по-късните етапи от развитието на торфеника са се образували ксеноморфен калцит и сидерит. Средата в торфеника на Чукуровския басейн е била най-кисела, което предопределя отсъствието на калцит и значително по-голямото количество на каолинит спрямо илита. По-киселата среда е неблагоприятна за жизнената дейност на сулфат-редуциращите бактерии и това обуславя преобладаването на бактериален фрамбоидален пирит в Карловския и Чукуровския басейн, който е резултат от пиритизирането на бактериите след прекратяване на жизнената им дейност.

Типоморфност на елементите-примеси

Във въглищата от Белобрежкия басейн са най-малко елементите-примеси с надкларково, а най-много тези със значително подкларково съдържание (табл. 2). Това се обуславя от два основни фактора — концентрацията на елементите в скалите от подхранващата провинция и в растенията и оптималните условия за фиксирането им в торфеното блато. По принцип относителният дял на биогенната форма на присъствие, свързана с растителните останки, е много малък (Юдович и др., 1985). Като се има предвид и сходната растителност, то влиянието на елементите в растенията може да се изключи като съществен фактор. Юдович (1978) отбелязва, че за отделните елементи оптималната среда за фиксирането им е различна, като „общо взето“ по-благоприятна е киселата до слабо кисела среда (pH 3—6). Това обуславя по-голямото количество на елементи с надкларкова концентрация във въглищата от Софийския, Чукуровския и Карловския басейн. За въглищата от Белобрежкия басейн е напълно естествено надкларковото съдържание на *Mn*, *Ba* и *Sr*, като се имат предвид оградните скали. Що се отнася до *Cu*, *Ag* и *As* по-високото им съдържание е свързано явно с наличието на минерализация с този състав в оградните скали. При това тези елементи са със значително по-голямо от кларка количество и във въглищните глини (Кортенски, Бакърджиев, 1989). Неутралната до слабо алкалната среда в Белобрежкия басейн не е способствувала фиксирането на останалите установени елементи, поради което концентрацията им във въглищата е ниска. Вероятно част от тях са изнесени от торфеното блато. Средата в останалите торфени блатата е благоприятствувала фиксирането на повечето елементи и те са с надкларково съдържание. За някои елементи, типични за въглищата, ниската им концентрация се дължи на минималното им количество в скалите от подхранващата провинция. Такива са *Ge*, *As* и *Ga* за Софийския басейн, *Ga*, *Ti*, *Be* и *Mo* за Чукуровския, *Sc*, *Ni*, *Co*, *As* и *Ga* за Карловския. От всички тях само *Cu* и *Ag* са в надкларково количество навсякъде (особено в Софийския и Чукуровския басейн, табл. 2) и те са типични за Софийската провинция. Типоморфни за въглищата с изключение на белобрежките са *Sn*, *Cr* и *V*, чиито съдържания са надкларкови; отчасти на *Zn*, *Pb*, *Y*, *Ge*, чиито количества само в някои въглища са близки, а в останалите са по-високи от кларка. За въглищата от всички басейни *Zr* е със значително подкларкова концентрация (табл. 2). Най-голямо е сход-

Таблица 2

Типоморфност на елементите-примеси за въглищата от басейна на Софийската въглищна провинция

Table 2

Tipomorphic trace elements for coals from a basins of Sofia coal province

Съдържание на елементите	Басейни			
	Белобрежки	Софийски	Чукуровски ¹	Карловски
Значително надкларково ² (повече от 5 пъти)	—	<i>Cu, Mo, In</i>	<i>Cu</i>	—
Надкларково (от 1,2 до 5 пъти над кларка)	<i>Cu, Mn, As, Ag, Ba</i>	<i>Sn, Sc, Ti, Ni, Sr, Ba, Sc, Ge, Mo, Be, Ag, Cu, Zn, Ag, Be, Cr, Y, Sn, Zn, Ag, Cr, Ge, V, Y, Mn, Co, Ba, Pb, Pb, As, Cr, V, Yb, Sn</i> <i>V</i>	<i>Mn, Co, Ni</i>	
Околокларково	<i>Sr</i>	<i>Ge, Y, As, Yb Ga, Ti</i>		<i>Pb, Zn</i>
Подкларково (1,2—5 пъти под кларка)	<i>Cr, Zn, Sn, V, Ga, Zr, Sr, Be, Ge, Pb</i>	<i>Be, Mo</i>		<i>Sc, Co, As, Sr, Ba, Mn, Ni, Zr</i>
Значително подкларково (повече от 5 пъти под кларка)	<i>Sc, Ti, Co, Ni, Ga, Zr, Y, Mo</i>	—	<i>Zr</i>	<i>Ga</i>

1 — по данни на Минчев, Ескенази (1961), Ескенази (1969, 1972), допълнени от автора за Sr, Sc, Y

2 — кларк за пепелта на кафяви въглища по Юдович и др. (1985)

ството в типоморфността на елементите за въглищата от Софийския и Чукуровския басейн, което е обяснимо. като се има предвид, че подхранването по време на торфогенезата е свързано с долнотриаските наслаги. Общото в типоморфността на елементите във въглищата от провинцията е, че в оградните скали явно присъствува сулфидна минерализация, съдържаща *Cu* и *Ag*, а възможно и *Pb, Zn, Sn, As*, чиито съдържания са надкларкови в повечето въглища (табл. 2). В централните части на Софийската провинция (Софийски и Чукуровски басейн) е по-голямо количеството на типоморфните елементи с надкларкова концентрация.

Привързаност на елементите-примеси към органичното вещество (ОВ)

Първото, което прави впечатление, е, че техният дял е значително по-малък във въглищата от Белобрежкия басейн в сравнение с останалите (табл. 3). Това естествено се предопределя от *pH* на средата в отделните блатата. Неутралната до слабо алкална среда в торфеника явно не благоприятства свързването на елементите с хуминовите киселини, още повече, че тя предполага и по-малък относителен дял на последните. Прави впечатление, че е значителен броят на елементите, свързани почти изцяло с ОВ, във въглищата от Софийския и особено от Карловския басейн. Във въглищата от Чукуровския басейн преобладават елементите, свързани в по-голяма степен с ОВ (табл. 3). Явно най-благоприятна за взаимодействие на елементите с хуминовите киселини е по-слабо киселата среда.

Трябва да се отбележи, че във въглищата от басейните на Софийската провинция *Ge* е винаги свързан почти изцяло с ОВ. С висока привързаност към него (с малки отклонения) са и елементите *As, Be, Mo, Sc* и *Y*. Освен тях в блатата, в които средата е била по-кисела (Софийски, Чукуровски и Карловски басейн) условията са били оптимални за фиксиране на *V, Co, Ni, Cr* под формата на елементоорганични съединения. Същевременно *Sn* е винаги свързан в по-голяма степен с неорганичното вещество във всички изследвани въглища (табл. 3). Сходна е привързаността и на *Ga*. Привързаността към ОВ за останалите елементи се отличава съществено за въглища-

Таблица 3
Привързаност на елементите-примеси към органичното вещество

Table 3
Connection of trace elements with the organic matter

Привързаност	Басейни			
	Белобрежки	Софийски	Чукуровски*	Карловски
I	<i>Ge, Sc</i>	<i>Ni, Ge, As, Mo, Ag, In, Ge, As, W, (Au, Sb)</i>		<i>Cr, Co, Ni, V, Be, Cu, Ge, Y, As, Sr, Mo, Yb</i>
II	<i>Be, Y, As, Ti, Mo, Ga, Ag</i>	<i>Be, Sc, Ti, V, Cr, Co, V, Co, Mn, Ba, Mo, Sc, Zr, Zn, Pb, Cu, Y, Zr, Ba, Yb, Pb, Be, Cr, Y, Sc, W, Ni (Ce, Eu, Hf)</i>		
III	<i>V</i>	<i>Mn (Sm)</i>	<i>Ga, Cu, Pb</i>	<i>Ba, Ga</i>
IV	<i>Cr, Sr, Zr, Cu, Zn, Pb, Mn, Co, Ni, Sn</i>	<i>Zn, Ga, Sr, Sn, Bi (La, Tb, Ta, U, Th)</i>	<i>Zn, Ti, Sn, Sr, Zr</i>	<i>Mn, Ag, Sn</i>
V	<i>Ba</i>	<i>Tl (Cs, Rb)</i>	—	—

* — по данни на Минчев, Ескенази (1961) с допълнения;

I — елементи, привързани почти изцяло към органичното вещество;

II — елементи, привързани в по-голяма степен към органичното вещество;

III — елементи, привързани в еднаква степен към органичното и неорганичното вещество;

IV — елементи, привързани в по-голяма степен към неорганичното вещество;

V — елементи, привързани почти изцяло към неорганичното вещество

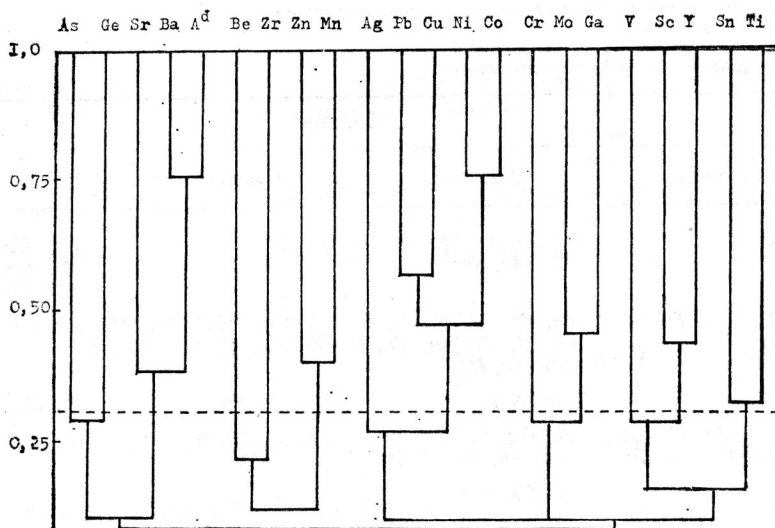
та от отделните басейни и явно зависи от конкретните физикохимични условия във всяко торфено блато. Много по-близко е разпределението на елементите във въглищата от Софийския и Карловския басейн поради сходната *pH* на средата.

Типоморфността на елементите не зависи от привързаността им към ОВ. Например типоморфният за всички въглища елемент *Cu* е с различен афинитет към ОВ за отделните басейни. Докато във въглищата от Карловския басейн *Cu* е привързана почти изцяло, а в тези от Софийския в по-голяма степен към ОВ, то в чукуровските — относителният дял на минералната и органичната форма на присъствие е съизмерим. Във въглищата от Белобрежкия басейн *Cu* е свързана в по-голяма степен с неорганичното вещество, т. е. преобладава минералната му форма. Явно е, че за привързаността на елементите към ОВ е от значение не само киселинността на средата, но и начинът на подхранване на торфените блата и формата на постъпването им в тях.

Във въглищата от Софийския басейн са установени значително повече елементи (използуван по-широк спектър от анализи). Повечето от тях не са отбелязани в табл. 2, тъй като в литературата има ограничени данни за съдържанието им във въглищата, което не е позволило на Юдович и др. (1985) да определят кларкови съдържания. За по-голямата част от тях се установява значителна привързаност към неорганичното вещество, като това се отнася особено за *Cs, Rb, Tl*. Отношението между съдържанието на елементите в пепелта на въглищата и глините (*B/G*) е малко над 1 за *Ce, Eu, Hf*, т. е. органичната им форма на присъствие преобладава незначително над минералната. Значителна е привързаността към ОВ само на *Au, In* и *Sb* (табл. 3).

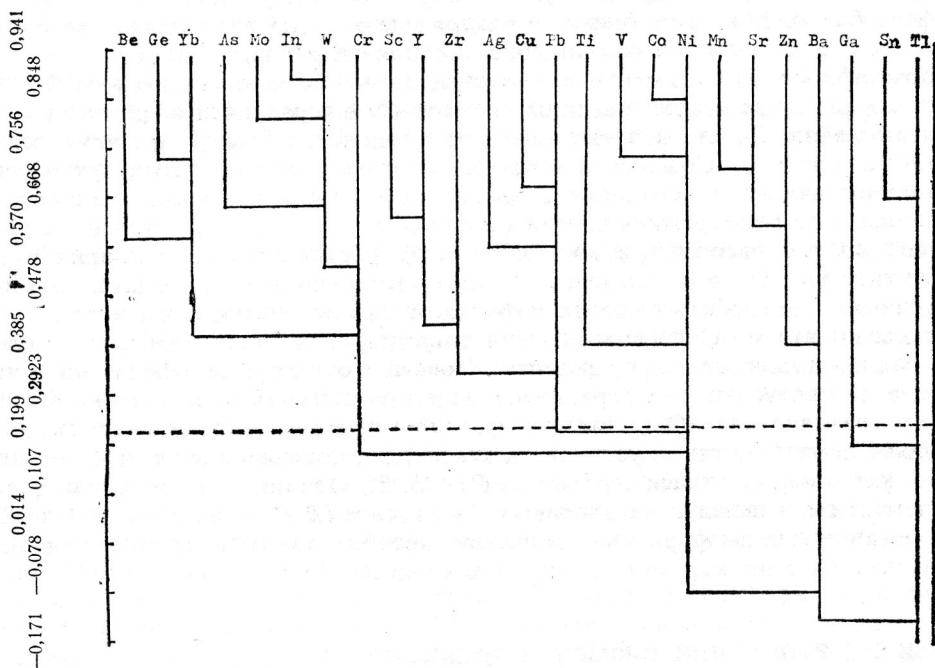
Геохимични асоциации елементи-примеси

Посредством клъстеранализ са определени геохимичните асоциации елементи-примеси във въглищата от Белобрежкия (фиг. 2), Софийския (фиг. 3) и Карловския (фиг. 4) басейн. В работата на Минчев, Ескенази (1961) липсват данни за такива асоциации. Приведените от тях фигури на разпределението на елементите в зависимост



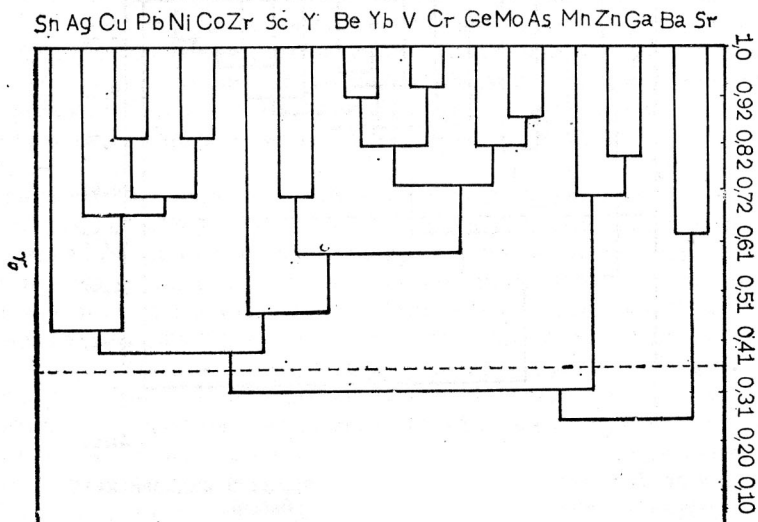
Фиг. 2. Геохимични асоциации елементи-примеси във въглищата от Бело-брежкия басейн

Fig. 2. Geochemical associations of the trace elements in the coal from the Beli breg Basin



Фиг. 3. Геохимични асоциации елементи-примеси във въглищата от Софийския басейн

Fig. 3. Geochemical associations of the trace elements in the coal from the Sofia Basin



Фиг. 4. Геохимични асоциации елементи-примеси във въглищата от Карловския басейн

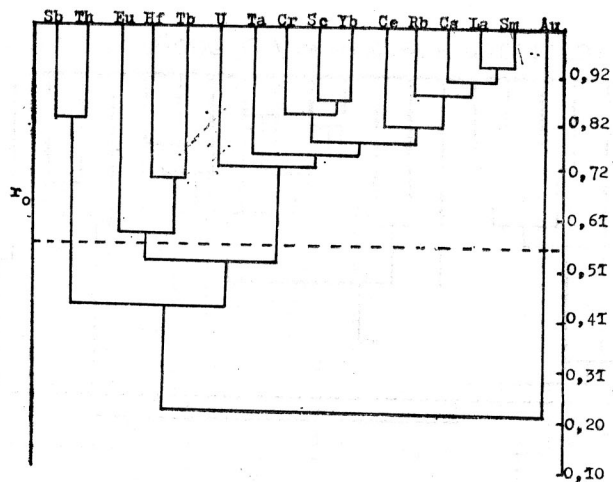
Fig. 4. Geochemical associations of the trace elements in the coal from the Karlovo Basin

от пепелта позволяват да се направят някои приблизителни изводи за групирането им във въглищата от Чукуровския басейн.

Групирането на елементите в геохимични асоциации се обуславя от сходните условия за фиксирането им в торфа — сходни сорбционна и минерална форма, наличие или отсъствие на биогенна форма, както и от начина на постъпването им в торфеното блато.

Във въглищата от изследваните басейни се наблюдава свързване в асоциации на определени елементи. *Ni* и *Co* са с висок коефициент на корелация (фиг. 2, 3, 4) във въглищата от Софийския, Карловския и Белобрещкия басейн, а графиките на разпределение в зависимост от пепелта за Чукуровския басейн също показват сходство (Минчев, Ескенази, 1961). Това се наблюдава и за *Pb* и *Cu* (Чукуровски басейн). За въглищата от останалите басейни тези елементи винаги са свързани и асоциират и със *Ag* (фиг. 2, 3, 4). Във въглищата от Белобрещкия и Карловския басейн горните пет елемента образуват асоциация, а в Софийския басейн те са с положителен коефициент на корелация (Кортенски, 1989). Тази връзка е лесно обяснима поради еднаквата минерална форма на присъствие в сулфидните минерали и вероятно сходната органична форма. За *Cu*, *Ni* и *Co* Юдович и др. (1985) отбелязват, че е характерна и биогенна форма. От значение е и казаното по-горе за възможното наличие на сулфидна минерализация с участието на тези елементи в скалите от подхранващите провинции.

Друга характерна асоциация е тази между *Y* и *Sc* (фиг. 2, 3, 4). Като се сравнят трите фигури, се вижда, че има група елементи, между които винаги съществува връзка с висока стойност на коефициента на корелация. Това особено добре се наблюдава за въглищата от Софийския и Карловския басейн, което е обяснимо, като се има предвид сходната киселинност на средата в двете торфени блато. В Софийския басейн се наблюдава тясна връзка между *Be*, *Ge*, *Yb*, *As*, *Mo*, *W* и *In* (фиг. 3). Същото се установява и във въглищата от Карловския басейн, като към тях е привързан и *V*, а *In* и *W* не са установени (фиг. 4). В белобрещките въглища връзката е сравнително доб-



Фиг. 5. Геохимични асоциации редкоземни и радиоактивни елементи във въглищата от Софийския басейн

Fig. 5. Geochemical associations of the rare earth and radioactive elements in the coal from the Sofia Basin

ра само между *Ge* и *As*, но по-алкалната среда в торфеника явно не е била благоприятна за едновременно отлагане на изброените елементи.

В различна степен, но винаги свързани помежду си в трите басейна са и елементите *Mn-Zn* и *Ba-Sr*, като в софийските въглища те образуват една асоциация (фиг. 3). Това вероятно е обусловено от наличието на грунтово подхранване от варовици от бреговата ивица на торфищата. Както бе отбелязано, в тези въглища е установена карбонатна минерализация. В калцита от Софийския и Белобрещкия басейн са установени *Mn*, *Sr* и *Ba* (Kortenski, 1992).

На фиг. 5 се вижда групирането на елементите, установени във въглищата от Софийския басейн чрез неутронно-активационен анализ. Като се има предвид връзката на *Cr*, *Yb* и *Sc* с тези елементи и мястото им в групирането, на фиг. 3, може да се допусне обвързването на редкоземните и радиоактивните елементи с *Be-Ge-Yb*, *Sc-Y* асоциации и *Cr*.

Заклучение

Въз основа на казаното дотук се очертават следните тенденции в развитието на Софийската въглищна провинция. Торфонатрупването е ставало в междинен тип блатата при комбинирано подхранване от грунтови и повърхностни води. Киселинността на средата в торфениците е нараствала от запад на изток, което е в тясна връзка с литоложкия състав на подхранващите провинции. От запад на изток се променя съставът на глинестото вещество, като илитът преобладава в западната част, при наличие и на монтморилонит, а в източната — преобладава каолинитът. В същата посока намалява количеството на карбонатните минерали. Промени се наблюдават и във формите на присъствие на пирита, като в западната част (Белобрещки басейн) отсъства бактериален фрамбоидален пирит, а в източната — той рязко преобладава. Количеството на теригенния кварц е почти еднакво. Тези тенденции се обвързват с условията в блатата по време на торфогенезата, които се предопределят както от състава на скалите от бреговата ивица, така и от вида и обилността на подхранване. От запад на изток намаляват количеството на варовиците в оградните скали и обилността на грунтовото подхранване.

Трябва да се отбележи отсъствието на по-късна информационна минерализация в басейните, с изключение на минимални количества инфилтрационен пирит в Софийския басейн. Скалите от горнището на въглищните пластове явно са служили за водопор и не са допускали проникването на разтвори в тях. Единичните разломни нарушения в Софийския басейн са създали условия за проникване на води от Лозенецката свита във въгленосната Гнилянска свита, вследствие на което е отложен инфилтрационен пирит.

Обща тенденция в разпределението на елементите-примеси е високото съдържание на част от тях във въглищата от четирите басейна (*Cu, Pb, Zn, Sn, As, Ag*), които вероятно са свързани със сулфидната минерализация в скалите от подхранващите провинции. Освен това в западната част (Белобрежкия басейн) типоморфни са елементите, свързани в по-голяма степен с неорганичното вещество и особено тези, които са характерни за карбонатните минерали (*Mn, Ba, Sr*), което добре се обвързва с казаното за минералите във въглищата и типа на подхранване на торфеника при Белобрежкия басейн. По-голямо е количеството на елементите с надкларкова концентрация в централната част на провинцията (Софийски и Чукуровски басейн). Вероятно съдържанието на редица елементи е по-високо в долнотриаските наслаги, които са били основен източник за подхранване на торфените блатата. Освен това споменатите елементи са типични за минерализациите, установени в Западното Средногорие.

В привързаността на елементите към ОВ също се наблюдава интересна тенденция. В торфонатрупването, което е ставало в по-алкална среда (Бели Бряг), елементите, привързани към ОВ, са най-малко. Същевременно малко е тяхното количество и в чукуровските въглища, торфонатрупването, при които е протичало в кисела среда. Явно най-благоприятна за фиксиране на елементите като елементоорганични съединения е слабокиселата среда. Поради това елементите, свързани почти изцяло с ОВ, са в най-голямо количество в Карловския басейн (табл. 3). Същевременно именно там и в Софийския басейн, за торфениците, на които особено в отделни етапи е характерна слабокиселата среда, е най-голямо сходството в привързаността на отделните елементи към ОВ.

В групирането на елементите в геохимични асоциации също се установяват някои общи черти. Както бе отбелязано, във въглищните пластове не са прониквали или слабо са прониквали минерални разтвори по време на литогенезата. Това позволява да се изключи като фактор по-късното постъпление на елементите във въглищата. Най-често асоциират *Ni* и *Co*; *Pb, Cu* и *Ag*, които често образуват една асоциация. Същото може да се отбележи и за двойките елементи *Mn* и *Zn, Ba* и *Sr*. Типична е *Sc-Y* асоциация, а също обвързването на *Be, Ge, As, Mo, Yb*, които често асоциират и с *Sc* и *Y*.

В заключение може да се отбележи, че върху вида и разпределението на минералите, върху разпределението и групирането на елементите-примеси и фиксирането им във въглищата от басейните на Софийската провинция оказват влияние следните фактори: литоложки състав на подхранващата провинция; вид и обилност на подхранването на торфените блатата; физико-химичните особености на средата в отделните етапи на торфогенезата и тектонска обстановка по време на торфо- и литогенезата.

Л и т е р а т у р а

- Ескенази, Г. 1969. О геохимии галлия в процессе углеобразования. — *Год. СУ, Геол.-геогр. фак.*, 61, 1, 321—348.
- Ескенази, Г. 1972. Некоторые аспекты геохимии титана в процессе углеобразования. — *Год. СУ, Геол.-геогр. фак.*, 65, 1, 177—199.
- Йовчев, Й. 1960. *Полезните изкопаеми на НР България. Въглища и битуминозни шисти*. С., Техника, 168 с.
- Каменов, Б., Е. Коюмджиева. 1983. Стратиграфия на неогена в Софийския басейн. — *Палеонт., стратигр. и литол.*, 18, 69—85.

- Кортенски, Й. 1986а. Определяне на минералите във въглищата от Софийския басейн чрез резултатите от силикатния анализ. — *Год. ВМГИ*, 32, 2, 179—191.
- Кортенски, Й. 1986б. Елементи-примеси в пепелта от въглища от Софийския плиоценски басейн. — *Сп. Бълг. геол. д-во*, 47, 2, 165—172.
- Кортенски, Й. 1989. Геохимични особености и минерален състав на неорганичното вещество на въглищата от Софийския басейн. — Автореферат.
- Кортенски, Й. 1990. Минерален състав и генезис на неорганичното вещество във въглищата от Белобрежкия басейн. — *Сп. Бълг. геол. д-во*, 51, 3, 47—53.
- Кортенски, Й. 1991. Закономерности в присъствието и разпределението на елементите-примеси във въглищата от Карловския басейн. — *Год. МГУ*, 37, 4, 249—259.
- Кортенски, Й., Св. Бакърджиев. 1989. Елементи-примеси във въглищата от Белобрежкия басейн. — *Год. ВМГИ*, 35, 1, 181—193.
- Кортенски, Й., А. Димитров. 1989. Форма на присъствие и генезис на минералното вещество във въглищата от Карловския басейн. — *Год. ВМГИ*, 35, 1, 171—179.
- Костов, И. 1973. *Минералогия*. С., Наука и изкуство. 674 с.
- Минчев, Д. 1961. Въглеобразователни фази и въглищни провинции. — *Год. СУ, Биол.-геол.-геогр. фак.*, 54, 2, 319—345.
- Минчев, Д. 1963. Петрология на кафявите въглища в България. Петрографски изследвания на въглищата от Чукуровския басейн. — *Год. СУ, Биол.-геол.-геогр. фак.*, 56, 2, 1—50.
- Минчев, Д., Г. Ескенази. 1961. Германий и други редки елементи в пепелта на Чукуровските въглища. — *Год. СУ, Биол.-геол.-геогр. фак.*, 54, 2, 83—109.
- Юдович, Я. Э. 1978. *Геохимия ископаемых углей*. М., Наука. 264 с.
- Юдович, Я. Э., М. П. Кетрис А. В. Мерц. 1985. *Элементы-примеси в ископаемых углях*. Л., Наука. 239 с.
- Шишков, Г. 1986. Кратък геоложки очерк за въглищните басейни и находища в България. — В: *Въглища и въглищни басейни в България. Библиография*. С., Соф. унив. „Кл. Охридски“, 19—33.
- Eskenazy, G. 1982. The geochemistry of tungsten in Bulgarian coals. — *Intern. J. Coal. Geol.*, 2, 2, 99—111.
- Kortenski, J. 1992. Carbonate minerals in Bulgarian coals with different degrees of coalification. — *Intern. J. Coal. Geol.*, 20, 225—242.
- Siskov, G. 1985. Petrology of the Bulgarian low-rank coals. Abstract. *Conference on Coal Science*, Sydney.

(Постъпила на 26. VI. 1991 г.)