

學床礦

第四篇

可燃性有機岩

塔塔林諾夫原編
別傑赫

地質出版社

礦床學

第四篇

可燃性有機岩

塔塔林諾夫 原編
別傑赫琴

地質出版社

1954•北京

本書原名“Курс месторождений полезных ископаемых”，由蘇聯別傑赫琴(A. Г. Бегухин)、多馬列夫(B. С. Домарев)、茲維列夫(B. Н. Зверев 已故)、伊凡諾夫(Г. А. Иванов)、納科夫尼克(Н. И. Наковник)、奧澤羅夫(К. Н. Озеров)、塔爾第金(С. И. Талдыкин)、塔塔林諾夫(П. М. Татаринov)、烏斯賓斯基(Н. А. Успенский 已故)合著，主編為別傑赫琴和塔塔林諾夫。經蘇聯人民委員會全蘇高等教育委員會審定作為探礦和地質勘探的高等學校和專科學校的教材。

全書共分五篇，即：(一)總論；(二)金屬礦床；(三)非金屬礦床；(四)可燃性有機岩；(五)找礦和勘探。這本書是它的第四篇，由地質部編譯出版室呂文彥、金貴清、周濟羣、張文豪、趙經中、韓樹棠翻譯，劉迺隆、鄧儒義、汪鼎福、嚴宏圖校訂。

由於各篇分冊出版，各冊頁數不能互相連接，均各從第一頁開始，但章節、圖、表的次序仍依照原書編號，未加更動，希讀者注意。

書號0110 礦 床 學 180千字

第四篇 可燃性有機岩

編 者 塔 塔 林 諾 夫
別 傑 赫 琴

譯 者 地 質 部 編 譯 出 版 室

出 版 者 地 質 出 版 社

北京安定門外六鋪炕

北京市書刊出版業營業許可證出字第005號

發 行 者 新 華 書 店

印 刷 者 北 京 市 印 刷 一 廠

北京西便門南大道一號

印數(京)1—5000冊 一九五四年十二月北京第一版

定價 12,000元 一九五四年十二月第一次印刷

開本 31"×43" 8 $\frac{1}{2}$ 印張

礦 床 學

第四篇 可燃性有機岩（伊凡諾夫 [Г.А.ИВАНОВ]）

目 錄

I. 煤的成因和性質

第三十四章 可燃性有機岩的成因	1
一、 可燃性有機岩的原始質料	2
二、 可燃性有機岩形成的自然地理條件	3
三、 原始質料的變化過程	4
第三十五章 煤的自然分類	8
第三十六章 煤岩學	13
第三十七章 煤的物理性質	19
第三十八章 煤的化學性質和工業分類	26
一、 工業分析	26
二、 元素分析	28
三、 煤的工業分類	29
四、 技術加工性質（煤的用途）	30

II. 煤田地質和油頁岩

第三十九章 成煤時期的古地理條件	34
一、 植物進化的影響（植物條件）	34
二、 氣候條件	36
三、 地形的影響（地形條件）	36
四、 地殼運動的特徵及其對成煤作用的影響（大地構造條件）	37
第四十章 含煤地層的形成	39
一、 基本情況	39
二、 在近海條件下含煤地層的形成	42
三、 在大陸條件下含煤地層的形成	50
四、 在複雜沉積條件下含煤地層的形成	57
第四十一章 含煤地層的變化	60
一、 同生變化（區域變質作用）	60
二、 後生變化	62
三、 含煤地層的破壞	70

第四十二章 含煤地層的成因分類	74
III. 蘇聯的主要煤田和油頁岩礦	
第四十三章 蘇聯煤礦概述	77
一、 基本定義	77
二、 煤田的地理分佈和地層分佈	78
三、 世界煤的儲量與蘇聯煤的儲量	81
第四十四章 石炭紀煤田	83
一、 頓巴斯石炭紀煤田	83
二、 莫斯科煤田	87
三、 烏拉爾礦區	89
四、 卡拉干達石炭紀煤田	94
第四十五章 二疊紀煤田	99
一、 庫茲巴斯煙煤田	99
二、 米努辛斯克煤田	104
三、 通古斯卡含煤區	106
四、 彼喬拉煤田	109
第四十六章 中生代煤田	111
一、 契利亞賓斯克煤田	111
二、 伊爾庫茨克煤田	113
三、 坎斯克煤田	114
四、 楚雷姆-葉尼塞煤田	114
五、 勒拿煤田	115
六、 布列雅煤田	116
七、 蘇昌煤田	117
第四十七章 蘇聯最主要的油頁岩礦床	121
IV. 石油、天然氣及其他地瀝青	
第四十八章 石油的性質和成因	125
第四十九章 油田地質	129
第五十章 蘇聯最主要的油田	140
一、 世界油田的地理分佈、石油儲量	140
二、 古生代油田	143
三、 中生代油田 (鹽丘)	144
四、 與阿爾卑斯褶皺帶有關的第三紀油田	145
參考文獻	149

第四篇 可燃性有機岩

伊凡諾夫 (Г. А. Иванов)

可燃性有機岩的概念及其分類 可燃性有機岩 (каустобиолиты) 的名稱是由三個希臘字來的: каустос——可燃的, биос——生物, литос——岩石; 就字面上的意義講: 即由生物活動結果而形成的可燃性岩石。

爲了便於敘述起見, 茲將可燃性有機岩分成以下各類:

1. 煤和油頁岩;
2. 石油, 天然氣及其他瀝青。

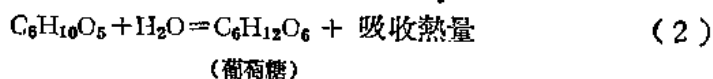
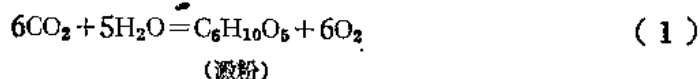
第一類是固體的, 第二類是液體的、氣體的及固體的 (地瀝青, 地蠟等); 後者是由石油生成的, 雖然有時能單獨形成礦床, 但毫無疑問是與石油有關係的。

I. 煤的成因和性質

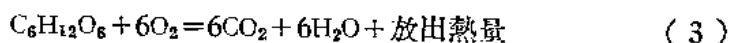
第三十四章 可燃性有機岩的成因

自然界中碳的循環 植物的生命活動在生物圈內起着重大的作用, 如果沒有這種作用, 地球上任何生物就完全不可能生存。這個作用就是由於植物本身含有特殊的成形細胞 (пластид) (葉綠素顆粒), 在太陽光 (各種光) 的影響下, 植物從大氣中吸取了碳酸, 將其分解爲碳和氧之後又將氧氣送回到大氣中去。

光合作用 (процесс фотосинтеза) 是在植物的綠色部分——葉綠素顆粒的實體中進行, 這個作用可以概括如下式:



植物從空氣中吸收碳酸, 加水變成澱粉 (1)。澱粉與水作用生成葡萄糖; 並在反應時吸收熱量 (2)。植物就是這樣將太陽的能量積聚於其本身的組織中。植物死亡和分解以後, 太陽的能量又返回到無機自然界中:



上述氧化作用——腐爛作用 (истлевание)——是在微生物積極參加之下完成的。當我們燃燒木柴、煤、石油等燃料時, 氧化作用進行將更爲劇烈 (沒有微生物參加), 同時並得到熱量。自然界中碳的循環就是這樣以自然或人工的方法完成的。

可燃性有機岩形成的條件 關於可燃性有機岩形成的條件問題，必須研究下列的基本情況：

(1) 什麼是可燃性有機岩的原始質料；

(2) 它的堆積的自然地理條件如何；

(3) 當可燃性有機岩過渡成礦時，其堆積在這種或那種條件下的原始質料的變化過程如何。

這三個因素彼此有着密切的聯系，一個因素的變化必將引起其他因素的變化。

一、可燃性有機岩的原始質料

由顯微鏡的研究能够確知：固體可燃性有機岩——煤及油頁岩類——是由植物組織和很少一部分動物有機體堆積而成的。所有植物可分為兩大類——低級和高級，介於二者之間有許多過渡型的植物，但它們對形成可燃性有機岩是沒有多大作用的。

代表低級植物的主要是藻類。水裡的生活方式不能及時促進它們的進化，所以它們一直保持着自己從出現在海洋時候起的那種原始構造。水藻生在陸地水泊中，也生於海洋中；在大多數情況下它們並不固定，而是處於浮游狀態中順水飄浮，即成為所謂浮游生物。水藻類主要由蛋白質及脂肪組成；而纖維素是極少的。在適宜的條件下（即在靜水中），藻類就大量堆積，並且春季時引起所謂“水開花的現象”，死亡後落到水底。在水底與無機質混合在一起生成有機的腐淤泥——腐泥（сапропель）（сапрос——腐爛的，пелос——淤泥），它是可燃性有機岩——腐泥煤（сапропелиты）大類的原始質料。

陸生的高級植物與低級植物所不同的地方首先就是其構造複雜，專司各種不同生長機能的專門器官的發育的結果就分成了三個主要部分：根、莖和葉。

大多數高級植物，特別是木本植物，莖——幹為整個植物體重量的主要部分。發育成熟的植物，例如松樹，其幹主要是由已死的木質組織構成。活細胞每年都在增加，同時組成所謂形成層（камбиальный слой）；樹幹的死細胞對植物的生長幾乎已經不起任何作用。

所有這些死的組織，主要是由沒有原形質的細胞膜組成的，它組成高級植物的主要部分，因此高級植物的組份基本上是木質纖維組織（лигнинно-целлюлозный）。在表皮部（корковые части）由所謂木栓（суберин）所組成的特殊軟木組織最發達。新的枝芽和全部葉子均為特殊的物質——角質（кутин）所包覆。包覆着高等植物的繁殖器——花粉與孢子的孢子囊，在成分上是與角質相近似。為了保護葉子，在葉子表皮層上有另外的保護組織——茸毛、厚膜等，它是由樹脂和樹蠟組成的。很多植物，尤其是針葉植物，在自己組織內能造樹脂，以防禦一切災害特別是防禦碰傷。

高級植物主要由木質纖維組織及樹脂和樹蠟狀物質所組成的。蛋白質和脂肪在這些植物的活的組織中是起着從屬的作用；在表 53 中（布蘭特 [Брандт]）列出了它們在低級植物和高級植物中含量的對照數字（以無灰和無水物質作計算標準並以百分數表示）。

表 53

植 物	蛋 白 質	脂 肪	蛋白質+脂肪 (平均)
低級的一飄浮的	22—60	2—11	24—62
陸生高級的	9—27	2—5	11—30

因此，如下所示，在特殊條件下，由高等植物分解就可得腐植物質，這樣生成的可燃性有機岩類即稱為陸植煤（гумит）。

高級植物所生成的保護內部組織的各種物質（角質、孢子囊、木栓、樹脂和樹蠟），主要是在表皮組織中，它們對於抵抗外來影響是堅強的。而當植物分解時它們仍然是不變的，在木質纖維組織分解的同時，堅固的物質還可以保留下來。因此這些高級植物的殘餘產物就單獨地形成了殘植煤（липтобиолит [лейптос——殘餘的意思]）。殘植煤可以認為是陸植煤的亞類，因為殘植煤按其原始質料而言，亦來自高級植物。

由此可見可燃性有機岩的基本類型——腐泥煤、陸植煤和殘植煤，均由不同的原始質料生成的。

二、可燃性有機岩形成的自然地理條件

我們可以看到現時有些地方還正在進行堆積，這些堆積物在適宜條件下，就可以逐漸形成可燃性有機岩。

空氣流通（好氧的）和空氣不流通（不好氧的）的流動的水環境中，如果含有大量氧氣，對保存有機物質是不利的。為了使氧化作用減慢和停止，須防止空氣（氧氣）通過堆積的有機形成物。

這些情況我們在現今的死水池或在水幾乎不流動的而同時氧氣能進入的地方就可以看到，隨着氧氣減少，微生物的破壞活動就會停止。

為了正確地估計能使可燃性有機岩原始質料發生堆積和保存的環境，就須要談談在沼澤中形成泥炭和在死水池中形成腐泥的特點。

沼澤及其類型 依據沼澤的地形情況可分為：

- (1) 天然供水的高地（分水嶺的）凸形沼澤；
- (2) 地下水供水的低地平坦沼澤，水中富含礦物鹽類；

(3) 中間式沼澤，就其分佈地點、供水條件及植物特性均介乎第一和第二類型之間。

若在沼澤和各種死水池或不大流動的水池中堆積泥炭層時，則沼澤就逐漸過渡為泥炭沼。泥炭沼裏的泥炭層可厚達數公尺甚至幾十公尺，它是經過長期的形成過程的。在泥炭堆積過程中，由於氣候條件的變化，植物的特性不只一次地遭到了改變，同時地下水面等也有所改變。由於泥炭沼中環境的變化，發生了各種植物的交換，在植物中間木本植物是起着非常重要的作用的。

高級植物是生在低地平坦泥炭沼裏，因此低地泥炭沼是形成陸植煤及殘植煤的特徵。

現在我們談一談另一種堆積的來源——低級植物。這種有機體的堆積一般僅僅是發生在死水池裏(湖中)。在這些水池的初期階段發生的是腐泥的堆積，而以後，湖岸長有高級植物而沼澤淤淺時，此水池便漸漸變為真正的泥炭沼。其生長的各個階段如圖 160 所示。

不僅湖是死水池，海灣或內海和洋的瀉湖也都是死水池。海灣和瀉湖中所發生的腐泥堆積過程與一般湖中的堆積是類似的。

由此可見，可燃性有機岩或是由低地沼澤中的高級植物殘體——泥炭堆積而成，或由死水池中純水生植物——腐泥堆積而成。顯然，可燃性有機岩的最初原始質料與其生成條件(自然地理環境)有密切關係。

三、原始質料的變化過程

可燃性有機岩原始質料的變化過程見表 54 (波托涅[Г. Потонье]的分類)。

陸生或沼生植物當氧氣能自由流通並有水份存在時，就會遭到全部的破壞。這種緩慢的氧化分解作用，與迅速的燃燒不同，它被稱之為波托涅腐解作用。植物的全部組織都變為氣體產物(CO_2)及水份，

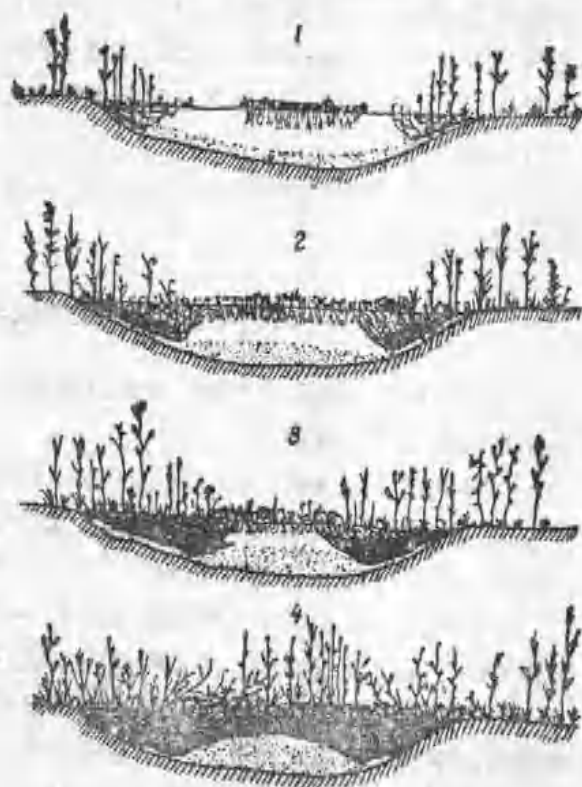


圖 160. 湖中腐泥質淤積和岸生及水生植物生長的四個階段圖(什米茨 [Шмитц])

並殘留下灰份。

如氧氣不能暢通，則不能全部分解，便形成了腐植土（перегной），其最大的特徵就是富含植物殘餘的土壤。

假如以後斷絕了氧，則作用就完全以另一種方式進行，它只能發生在低於地下水面的泥炭沼的較深層位的地方。這裏在所謂泥炭層裏就開始進行泥炭化的作用，也就是沒有氧參與分解的作用，這一作用的結果將漸漸產生富含碳的產物。

所有這些作用都是在微生物，主要是細菌及黴菌參與下進行的，這些微生物強有力地吞食和分解植物最堅固的組織。這種作用基本上就是生物化學作用。

在有氧存在時或氧活動困難時，在泥炭生成的過程中，主要是有好氧的細菌（аэробные бактерии）參加。隨着泥炭沼的下降（低於地下水面）則不好氧的細菌（анаэробные бактерии）繼之起作用。顯然，不好氧的細菌就是泥炭形成的主要因素。在此情況下，高級植物木質纖維組織變為腐植酸，此腐植酸使得泥炭沼的水變褐色。根據這些主要產物，則稱此作用為腐植作用（гумификация）。

在氧氣不能進入的死水池中進行着另一種作用。主要是蛋白質和脂肪質組成的低級植物殘餘的分解，而有不好氧的細菌參加時就形成腐泥的膠體。在腐泥的膠體

原始資料及其堆積條件和轉變過程

表 54

植物的性質 (原始資料)	作用的名稱	與氧氣的關係	與水的關係	作用的化學性質	組成的物質			
陸生及沼澤植物	氧化 (тление)	有 氧 存 在	有水份存在	完全的氧化作用	含碳的可燃物質不存在；剩下灰份			
	腐植化 (протнивание)	有少量氧存在		部分氧化作用	腐植化	形成富於碳的碳氫固體化合物		腐植土
	泥炭化 (торфообразование)	開始有氧氣而後與氧氣斷絕	開始有水份存在，其後在死水中	還原作用				腐植質
純水生生物 (主要是水藻和一部分動物)	腐化 (гниение)	與氧氣斷絕	在死水中	還原作用	瀝青化	形成較少而含氮較多的碳氫化合物		腐泥

中，隨着碳的增加相對地氫也增加。蛋白質和脂肪質轉化為脂肪酸——瀝青（битумы），發生瀝青化的作用。從化學觀點來看，瀝青化作用與腐植作用不同之點首先在於前者是在鹼性環境中生成的。生銹鐵塊置於腐泥中會完全失去銹成為純鐵塊，可是無銹的純鐵塊在泥炭中則會生銹。從另一方面來看，瀝青化的所有產物，除了富含碳以外，還富含氫，也就是其中的碳是較比飽和的。陸植煤和腐泥煤的區別就在於此：陸植煤中氫經常在 6% 以下，也就是比原始資料中的氫要少，而

在腐泥煤中氫在6%至7-9%以上。

殘植煤按其原始質料是由高級植物最穩固的部分——孢子、表皮、表皮組織和樹脂體組成的。按此特徵及某些化學成分（按蒸餾物的性質）這種殘植煤應屬於陸植煤類。顯然，殘植煤生成的條件也極與陸植煤相似。

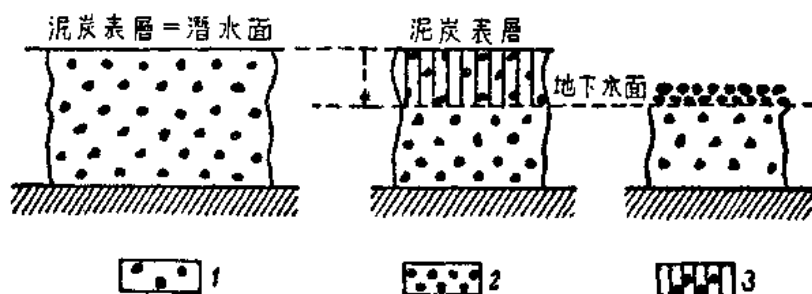


圖 161. 殘植煤的原地堆積方法

- 1—泥炭中的分散包體(樹脂)、角質化分子等；2—集中的包體；
3—在有氧的環境下進行分解的泥炭層

一般的陸植煤及腐泥煤的形成過程大體上顯現得較清楚，而殘植煤其形成過程却不完全清楚。高級植物最穩固組織的大量堆積可以有兩種不同的途徑。

假如在泥炭沼中由於某些原因潛水面下降（圖 161），在有氧的條件下泥炭沼上部將發生劇烈的分解作用（氧化），從而減小了厚度。在原始層中多少呈分散狀態存在的高級植物的所有穩固組織，由於本身具有抵抗分解作用的穩固性，於是便全部緊縮為薄層。有時候此薄層則完全是由泥炭層分解的殘留產物所組成，也就是形成了殘植煤層。顯然，由於分解而破壞了的泥炭層中所集聚的全部灰份也集中在殘植煤層中。這就是植物組織在原始堆積地方形成的殘植煤原地堆積^①法，也就是在植物生長地方的堆積。

殘植煤另一種可能形成的情況就是異地遷積——經過搬運而堆積。如果泥炭由於自然地理條件的變化而遭到水流的沖蕩，因為水中含有氧，使泥炭質受到破壞而隨其搬運的同時遂將不太穩定的木質纖維破壞，而將穩定的物質集中起來。穩定的物質可能被搬運到泥炭沼以外並在新的地方沉積——在這裏便能夠形成殘植煤層。在此情況下，殘植煤同時也就富有機械雜質，所以，所有殘植煤的灰份一般可能都很高。

在植物“開花”時，風能將其大量的孢子和花粉搬運，並且將其沉積在水池中（沼澤和湖泊裏），這種現象也應看作是殘植煤可能遷積的方式之一。

在原地堆積時殘植煤形成的條件與陸植煤形成條件是沒有區別的。殘植煤是沼

① 下面我們要廣泛採用這個名稱：原地堆積（автохтонный），即是在植物生長的地方其破壞之後就地堆積的，一般未經搬運，在堆積區域範圍內除了部分搬運外，一般是不搬運的；異地遷積（аллохтонный）是與此恰恰相反，從植物生長的地方搬到其他新的地區而堆積的。

澤中陸植煤的殘餘產物，所以常常在陸植煤中發現薄層的殘植煤。與此相反，異地堆積時在水池中殘植煤的形成條件則與腐泥煤的形成條件相近似。

在上述兩種情況下，由於原始質料是穩定的，殘植煤不遭受分解，並且一般變化很少，它既不參與腐植作用，也不參與瀝青化作用。但是因為殘植煤的物質是樹脂、樹蠟、表皮、孢子及其他樹脂狀的物質，並且在其原始質料中有很多氫（超過6%），所以依據化學成分，殘植煤接近於腐泥煤。所以說它與腐泥煤的化學成分很相近，也正是因為殘植煤在形成過程中有時也發生瀝青化作用。

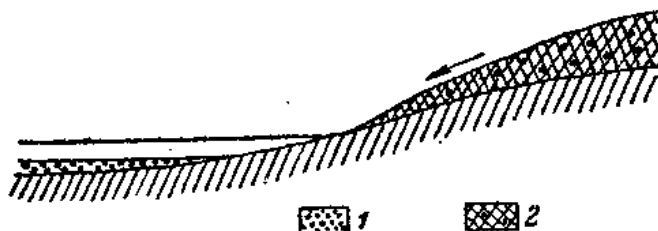


圖 162. 殘植煤的異地遷積方法

1—沉積的殘植煤層；2—遭到冲刷的泥炭層

我們研究固體可燃性有機岩主要類型的成因的時候未曾顧及到：無論原始質料或其堆積的地區和轉變的過程，在自然界中，均比我們上述的複雜得多。

例如，在泥炭沼中潛水面的變化可以使泥炭化作用終止，並且可形成殘植煤層。自然地理條件的變化——氣候的變化和降雨量的變化均影響地下水的水位，地下水位的變化本身，又使沼澤充水並變沼澤為湖泊；或反之，在氣候乾燥時，湖泊變乾而遭到氧的分解。在自然界中這種錯綜交互的複雜作用，就使得生成物具有混淆不清的特徵，各種煤性質之不同，顯然首先就表現出其形成條件的不同及其不固定性。

第三十五章 煤的自然分類

煤變化的地質因素 上面已講了煤的原始質料堆積和最初變化的過程，也就是腐泥煤、泥炭及殘餘物質（殘植煤）的形成過程。

波托涅認為各種石化煤（及一般可燃性有機岩）的自然分類可以根據原始質料的不同分成三類：

（1）腐泥煤，（2）陸植煤，（3）殘植煤。

熱姆丘日尼科夫（Ю. А. Жемчужников）的意見認為按原始質料的相近和堆積條件的相似可將陸植煤和殘植煤歸納為一類——陸植煤類，在成因上與此類相反的另一種是——腐泥煤類。為了瞭解不同類型煤的形成，和按煤的代表物將其劃分成類或級，則必須涉及煤的原始質料轉變成煤時的作用。

對此問題是有着不同的看法的，一些學者認為地質因素不是決定原始質料進一步轉變為石化狀態和造成其各種代表物不同的原因。裘帕爾克（Дюпарк）、斯特林（Стрен）等人即持這種見解，認為即使是屬於同一陸植煤類的煤，其所以不同也是由於原始質料之不同。尤其是波托涅認為褐煤、煙煤和無煙煤之間的差別是由於形成煤本身的植物不同。

麥肯集捷依洛爾（Мекензи Тейлор）特別詳細地發展了另外一種看法，他認為褐煤和無煙煤之間的差別是由於生物化學作用的影響，而這個影響在頂板形成後也就是在成煤後起着很主要的作用。主張這種見解的學者認為在化學成分上不同的頂板（砂岩頂板、黏土頂板，也就是決定於頂板的酸性或鹼性的反應）的形成就能預先決定生物化學的作用，實際上也就是在長久的地質時代過程裏在煤層中所完成的菌解作用。按捷依洛爾的意見，主要是不透水和不透氣的具有鹼性反應的黏土頂板才能進行長期的菌解作用，若頂板的鹼性與泥炭的酸性中和時更促使菌解作用進行。結果所得到的產物比其原始質料更缺少氧，也就是說進行了還原作用，通過這一作用泥炭能夠過渡為褐煤、煙煤甚至經過長期的生物化學作用過渡為無煙煤。

與上相反，當酸性頂板（主要是砂質）沒有鹼質存在時，由生物活動而發生的酸性產物的堆積就造成泥炭毒（токсичность торфа），同時微生物的作用終止，因之，還原作用也就停止。煤停止在褐煤階段。

所有這些生物化學理論都沒有考慮到最主要的因素——地質腐解因素；因此往往不可能藉更進一步的分析現象和用實際中所觀察的事實來證實這種理論。其實對在任何一煤層中所發生的一切變化，即使是在其形成時所發生的，我們都應當從在任何沉積岩層中（其中包括煤層）所發生的那些地質作用的觀點來看待。所以不能把煤層與含有煤層的那種沉積岩層截然分開。

我們要談談在煤和含煤地層形成時主要的地質作用是怎樣發生的，同時這些因

素是怎樣影響煤的變化，以及在各種可燃性有機岩類中這種變化又是怎樣顯現的。

陸植煤 可以認為在泥炭沼被頂板覆蓋之後，泥炭就開始過渡成褐煤。在當時生成的岩石仍然是疏鬆的。

煤的進一步變化就是褐煤逐漸變為煙煤，從而具有煙煤的全部性質（黑色，緻密，較亮的光澤等等，見三十六章）。與此同時往往圍岩也發生變化。砂層變為砂岩，黏土變為頁岩等。根據一般規律證明：煙煤絕不能存在於疏鬆的岩層中。

隨着含煤岩層厚度的堆積，夾在其中的煤層就相繼沉降到相當深的地方，在此處，不但有隨之而來的上面岩層的壓力，而且還受較高的溫度，顯然，此溫度是主要的地質變化因素。煙煤在改變本身物理化學性質的同時，就過渡為瘦煤，最後變成無煙煤。若溫度很高時可以變成石墨，石墨失掉了燃燒的能力，因而就不是可燃性有機岩了。

所以在地質因素影響下任何時候泥炭都可過渡到褐煤、煙煤以及無煙煤。這一系列：由泥煤——無煙煤就是陸植煤的自然類型。

保留着明顯的木質構造的褐色煤稱為**木煤**（лигнит）。

以物理化學的觀點來看，在這些變化下還會發生什麼呢？泥炭沼被頂板覆蓋後，大概很快地就會停止生物化學作用。在泥炭變為褐煤時其中還存在（為苛性鹼）游離的腐植酸。顯然，另外一方面，在泥炭沼中隨着不好氧的細菌活動的停止，腐植化的作用也即結束。

但是這個腐植化作用的名詞無論如何也不能用來說明在後來地質因素影響下煤層中所發生的那些腐解變化。在物理性質方面的變化是密度增加，比重增大，光澤增強，硬度等等均增加。與此同時還進行物質的化學變質（перерождение），主要是使水份和揮發份減少。在氫和氧減少的同時還有規律地進行還原作用——**碳的含量**增加。這種碳蓄集的作用就叫炭化作用（обуглероживание 或 карбонизация），現在葉爾戈爾斯卡婭（З. В. Ергольская）提出一個很適當的名詞叫做炭化（углефикация）。此名是德國名詞——Inkohlung 的一個別名。

當我們談到陸植煤的炭化程度由褐煤到煙煤及無煙煤是不斷增高的，那麼陸植煤的**物理化學性質的變化規律**是與上面所說的炭化程度有關係的。

煤變質的程度如其變化規律的各個階段一樣，是根據煤的炭化程度來判定的。

陸植煤的兩個主要代表，褐煤和石煤（無煙煤也綜合在石煤中）的區別，列於表 55 中。

殘植煤——這主要是含有樹脂的殘餘煤，顯然，在變質作用下其本身性質的變化就使得我們在高度炭化作用的煤層中分不出來它們與陸植煤的區別。實際上，真正的殘植煤只能從褐煤或炭化程度低的煙煤中方能洞悉。殘植煤中的樹脂和蠟脂物質在溫度的影響下就失掉了本身的特性，在瘦質煙煤中即已無從辨識。

腐泥煤與陸植煤的不同就在於腐泥煤在石化狀態中看不出有規律的變化次序。

因此，這裏只能和殘植煤一樣，以原始物質的性質及分解情況的原則做爲它們分類的根據。

表 55

特 徵 和 性 質	褐 煤	石 煤
物 理 性 質		
1. 顏色（條痕）	黑色，褐色次之，條痕大部分爲褐色	黑色，條痕大部分黑色，偶而呈黑褐色
2. 光澤	暗淡，也可能是光亮的	主要是光亮的，其次爲暗色
3. 緻密性	常疏鬆	經常是緻密的
4. 比重	較小	較大
化 學 性 質		
5. KOH 的顏色	特別黑	無色
6. 稀硝酸的顏色	由淡黃到紅褐色	無色
結 論	腐植化作用漸漸終止	炭化作用正在進行

表 56

I 類：陸植煤類（由高級陸生植物生成）		II 類：腐泥煤類（由低級及水生植物及部分由浮游動物生成）	
I 級：陸植煤（木質纖維素+角質及松香質）	II 級：殘植煤（只有角質及松香質）	I 級：腐泥煤（含藻類及其他浮游分子的遺骸）	II 級：膠泥煤（見不到藻類，全體變爲無形態的）
現 代 的			
泥炭	角質（菲明岩 [Фиммонит]）及樹脂的堆聚	腐泥	灰質腐泥
石 化 的			
含灰少的（<40%） 木煤（лигнит） 褐煤 石煤：長焰煤，肥煤，瘦煤	松脂煤類：琥珀，硬樹脂等 松脂煤（德國） 餘植煤（раблосит）（遠東區） 特克威布爾（тквильский）松脂煤（南高加索）等	含灰少的（<4%） 藻煤 塊煤（蘇格蘭） “煤油頁岩”（澳大利亞）等	藻煤：哈哈列伊（хаха-рейский）藻煤 馬塔干（матаганский）藻煤等

半藻煤是屬於腐泥煤類，因在某些腐泥煤中的主要部分同樣亦是腐植形成物，所以在外貌上它們（例如，莫斯科煤田的半藻煤）具有中間的特徵，而為層狀清晰的暗煤。

最後，在極個別地區還有“貝褐炭”。此煤具有光澤並有標準的貝殼狀斷口，而且是由木質生成的。依據此特徵，它應屬於陸植煤，但是，顯然可見貝褐炭與有光澤的陸植煤，特別是脆的煤有所不同，其特點是它具有很大的韌性，所以也是很美的雕琢材料。依據化學性質，它是標準的腐泥煤，因為含有大量的揮發份（大於50%）及氫（大於6%）。由於這種性質，故在乾餾時可製取很多煤焦油（大於30%）。

所有煤的性質可分為下列主要幾種：（1）顯微鏡的（煤岩學），（2）物理的，（3）化學的和（4）技術加工的。

它們彼此之間有着規律的關係，因此當描述煤的任何一種性質時不得不順便地牽涉其他性質。