

ГОДИШНИК НА СОФИЙСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“
ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ
Книга 1 – ГЕОЛОГИЯ
Том 104

ANNUAIRE DE L'UNIVERSITE DE SOFIA "ST. KLIMENT OHRIDSKI"
FACULTE DE GEOLOGIE ET GEOGRAPHIE
Livre 1 – GEOLOGIE
Tome 104

СРАВНИТЕЛНА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ПРИМИТИВНИ ПОЧВИ ВЪРХУ РАЗЛИЧНИ ГЕОЛОЖКИ МАТЕРИАЛИ В БЪЛГАРИЯ

НАТАЛИЯ АНДРЕЕВА¹, БИСЕР ХРИСТОВ¹, ПАРАСКЕВ ПЕТРОВ²

¹ *Институт по почвознание, агротехнологии и защита на растенията „Н. Пушкаров“,
e-mail: natalizivkova@yahoo.com; bisseru@abv.bg*

² *Софийски университет „Св. Климент Охридски“, e-mail: parp@gea.uni-sofia.bg*

Nataliya Andreeva, Biser Hristov, Paraskev Petrov. COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF WEAK DEVELOPED SOILS FORMED ON DIFFERENT GEOLOGICAL PARENT MATERIALS

Weak developed (shallow) soils are widespread and cover approximately 25% from the continental surface and 40% of Bulgarian state. Because they are formed over different parent material under different environmental conditions, those soils have different names by FAO and are an object of interest to be compared. For that purpose Arenosols, Regosols and Leptosols are studied using standard methods for determination of organic matter, basic cations, cation exchange capacity, grain size and soil mineralogy. The gained results for humus and physical – chemical properties reveal different basic stages of soil formation for each soil type, while residual primary minerals show similarities as dominance of quartz, feldspars and mica. Clay minerals are presented mostly by kaolinite, smectites and mix-layerd clays. A specific case is Arenosols, which are loamy sand and strongly dominated by quartz.

Key words: Arenosols, Leptosols, Regosols, soil chemistry, soil mineralogy.

УВОД

Слаборазвитите почви заемат обширни територии както в България, така и в целия свят. По данни на ФАО (2006) около 2 милиарда хектара са покрити от литосоли, ареносоли и регосоли, което е над 25% от континенталната площ на земята. В повечето случаи тези почви са плитки, не се обработват и нямат съществено значение за земеделието, поради ниското си плодородие. Около 40 % от територията на България са планинско-хълмисти терени, което е определящо за развитието на плитките примитивни почви. Литосолите са разпространени главно върху наклонени, хълмисти и планински

територии, изградени от твърди скали. Регосолите са развити на хълмисти ерозирали повърхности, върху меки неконсолидирани скали. Ареносолите са с ограничено разпространение в нашата страна и заемат територии в близост до река Дунав, както и по брега на Черно море – главно върху гредове и пясъчни дюни.

В Българската класификация на Пенков и колектив (1992) като примитивни почви са посочени литосоли, регосоли, рендзини и ранкери, но в новата класификация на ФАО (2006) рендзините и ранкерите отпадат като основни почвени групи и се включват главно в групата на лептосолите и някои други групи. Групата на пясъчните почви ареносоли не съществува в българската класификация и по тази причина Теохаров (2008) предлага тези слабо развити примитивни почви да бъдат включени в една бъдеща национална класификация като отделна таксономична единица.

Целта на настоящето изследване е да се изучи почвообразователния процес и генезиса на различни почви с примитивен почвен профил. Някои основни характеристики на тези почви са изучени по-рано и въз основа на тях са класифицирани като литосоли, ареносоли и регосоли (Теохаров, 1981, 1986, 2008; Михайлов, Теохаров, 1985). Основната задача е изясняване на влиянието на почвообразуващите фактори върху процесите на почвообразуване.

ОБЕКТИ И МЕТОДИ НА ИЗСЛЕДВАНЕ

Изследваните обекти са разположени в различни райони на България, като надморската височина варира от 0 до 2300 m. Почвите са развити върху разнообразни кисели до алкални почвообразуващи скали. Релефът, експозицията, растителността и климатичните особености също значително се различават, което определя аazonалността на избраните почви.

Профил № 1 – разположен е на 32 m н. в., южно от гр. Белене на гредова геоморфоложка форма. Почвообразуващата скала е представена от плиоценски и холоценски лъсовидни пясъци и пясъклив лъос. Растителността е черница (Михайлов, 1988) и тревни съобщества, а почвената разновидност – Halpic Arenosols (Calcaric) по ФАО (2006).

Профил № 2 – разположен е на 130 m н. в., в землището на с. Якимово, област Монтана, с координати С 43°37'43,02" и И 23°19'59,46", в долната част на южен склон с наклон 12,5° и слаба ерозия. Почвообразуваща скала – среднопесъчливо-глинести плиоценски отложения от гетско-понтийски тип. Растителност – садина, див овес, ливадна метлица, власатка, бял равнец, ветрогон, акация, лапад и др., изкуствено залемена с акация (Христов, 2009). Почвена разновидност – Halpic Regosols (Eutric), ФАО (2006).

Профил № 3 – разположен е на 114 m н. в., в землището на с. Опънец, Плевенска област, с координати С 43°27'0,81" и И 24°34'35,54", в средната част на интензивно ерозиран южен склон с наклон 10°. Почвообразуваща скала – кватернерен пясъчливо-глинест лъос. Растителност – садина, власатка, овсига, трескот, магарешки бодил ливадна метлица, бял равнец (Христов, 2009). Почвена разновидност – Halpic Regosols (Calcaric), ФАО (2006).

Профил № 4 – разположен е върху заравнената част на Черни връх, Витоша планина, на 2290 m н. в., с координати С 42°33'48,08" и И 23°16'42,18". Почвообразуваща скала – монзонит. Растителност – алпийска, представена главно от планинска гъжда, власатка и др. Опробван е Umbric Leptosols (Dystric, Skeletic), ФАО (2006).

Профил № 5 – разположен е върху заравнеността на връх Камен дел, Витоша планина, на 1862 m н. в., с координати С 42°36'41,98" и И 23°16'36,32". Почвообразуваща скала – андезитобазалти (амфиболити и плагиоклазови). Растителност – субалпийска, представена главно от планинска гътва, власатка и др. Опробван е Umbric Leptosols (Dystric, Skeletic), ФАО (2006).

Изборът на профилите е направен въз основа на геоложките, геоморфоложките и топографските особености, в ареала на разпространение на изследваните почви. Установени са основни химични, физико-химични и минераложки показатели.

За изследване на почвените свойства са използвани: съдържание на общ въглерод по Тюрин (Кононова, 1963); общ азот по Келдал (Аринушкина, 1961) и OENORM: L 1084-88 с апарат Carlo Erba NA 1500; карбонати по метода на Шайблер (Пенков и др., 1981); сорбционен капацитет, обменни катиони и степен на наситеност с бази (Ганев, Арсова, 1980); първични и глинести минерали – с рентгенова дифракция (ДРОН-2 и Philips 1710).

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Протичането на почвообразуващите процеси, при относително неблагоприятни почвообразуващи условия, определя слабото натрупване на органично вещество и хумусообразуване при ареносолите и регосолите (табл. 1), докато при литосолите се наблюдава значително натрупване на органична материя. Във всички профили съдържанието на хумус намалява в дълбочина независимо от различните климатични условия на средата.

Степента на обогатеност на почвите с азот „следва“ разпределението на органично вещество и се определя като висока за ареносолите и регосолите и средна до много ниска за литосолите. Това класифицира типа на хумуса съответно като мул и модер.

Таблица 1
Table 1

Органичен въглерод, общ азот и съотношение C/N
Organic matter, total nitrogen and C/N ratio

Профил №	Хоризонт, дълб. в cm	C _{орг} %	Хумус, %	Общ N	C/N
1	A _{hk} 0–20	0,54	0,9	0,063	8,57
	C _k 20–45	0,3	0,5	0,042	7,18
2	A _(h) 0–20	0,67	1,2	0,078	8,63
	C ₁ 20–40	0,26	0,4	0,036	7,25
3	A _{(h)k} 0–14	0,69	1,2	0,076	9,08
	C _k 14–30	0,23	0,4	0,025	9,28
4	A _{h1} 0–5	13,9	24	0,79	17,59
	A _{(h)2} 5–20	9,2	15,9	0,82	11,22
	R ₁ 20–40	–	–	–	–
5	A _(h) 0–15	11,6	20	0,55	21,09
	R ₁ 15–50	–	–	–	–

Ниското съдържание на въглерод и азот при ареносолите се дължи главно на малката водозадържаща способност, която е резултат от преобладаващото участие на пясъчливата фракция (над 80%, табл. 3). В резултат на неблагоприятните водно-физични свойства на почвите е затруднено развитието на гъста растителност. За регосолите е характерно, че те се формират главно върху наклонени терени и поради интензивна ерозия се възпрепятства натрупване на органична материя в тях. Високото съдържанието на $C_{\text{орг}}$ % и съответно на хумус при литосолите е пряко отражение на планинските условия на почвообразуване и наличието на иглолистна (хвойнова) растителност (Дюшофур, 1970).

Реакцията на почвите варира от средно кисела (pH 4,3) до средно алкална (pH 8,5) в профилите, където се установява наличие на новоформирани вторични карбонати (табл. 2). Според критериите на ФАО (2006) хоризонтите на ареносолите са слабо до средно окарбонатени и съдържанието на карбонати леко се увеличава в дълбочина, докато хоризонтите на регосолите от района на с. Опънец се определят като средно окарбонатени (до 10%) с по-високо съдържането на карбонати, което намалява в дълбочина. Това е резултат от спецификата на състава на почвообразуващата скала – лъос (Христов, 2009). Липсата на карбонати в почвените проби от литосолите се дължи както на липсата на карбонати в почвообразуващите материали (Желев, 1980), така и на условия за тяхното вторично образуване, което важи и за пробите от с. Якимово (Regosols).

Съпоставянето на тези данни със съдържанието на базични елементи и действащите киселинно-буферни системи на почвата определя ареносолите и регосоли като слабо алкални карбонатни или слабо кисели излужени, а литосолите като силно кисели подзолисти (Ганев и др., 1990). Съответно се установява наличието на обменни водородни и алуминиеви катиони, чието съдържание е най-високо при литосолите (табл. 2) и се наблюдава при напредване на процесите на кисляване, и разрушаване на глинести минерали (Живкова, Петров, 2008).

Катионният обменен капацитет, чрез който се изразява колоидността на почвата, е различен в изследваните почвени профили и намалява в дълбочина. Стойностите му варират от 13,5 до 25,9 mequ/100 g почва, което според класификацията на Пенков (1991) попада в границите на почвите с „голям“ сорбционен капацитет (от 21 до 30 mequ/100 g). По класификацията на Ганев и др. (1990) колоидността се определя като слаба до умерена.

В минераложко отношение, според дела на силно киселинния йонообменител, може да се приеме, че почвите са глинесто нееднородни по профила си с преобладаване на каолинит, илит и монтморилонит. Тенденциите на съвременното почвообразуване варирант за различните профили като ареносолите и регосолите еволюират към монтморилонит или монтморилонит-илит, а литосолите – към илит-каолинит или каолинит-оксид-хидрооксид (Христов, 2009; Живкова, Петров, 2009).

В изследваните профили механичният състав се изменя от леко до средно пясъчливо глинест. Плитките почви обикновено имат сравнително лек механичен състав и значително количество скелетна фракция (Пенков и др. 1992). В профили № 1, № 2 и № 3 доминира пясъчливата фракция, а съдържанието на глина е относително ниско. В профили № 4 и № 5 разпределението по фракции е относително по-равномерно (табл. 3).

Ареносолите (Профил 1) са почви съставени основно от пясък (над 75%). В България тези почви са развити основно покрай река Дунав и Черноморието; често това са силно дренирани терени без растителност поради факта, че пясъчната структура трудно за-

Таблица 2
Table 2

Химични и физикохимични свойства на почвите
Chemical and physical-chemical properties of the soils

Профил №	Хоризонт дълб. в см	CaCO ₃	pH ₍₁₂₀₎	меди/100 г почва								Степен на наситеност с бази
				Г _{8,2}	Г _{Ca}	Г _A	Обм. Н _{8,2}	Обм. Al	Обм. Са	Обм. Mg		
1	A _{hk} 0-20	1	8,1	13,59	-	-	-	-	-	13,02	0,59	100
	C _k 20-45	1,79	8,5	12,71	-	-	-	-	-	10,56	2,16	100
2	A _(b) 0-20	0,00	6	21	16,5	4,5	4,8	0,4	0,4	13	2,8	77,14
	C ₁ 20-40	0	5,8	20,1	16	4,1	5,2	0,9	0,9	12,4	2,6	74,13
3	A _{(b)k} 0-14	8,36	8,1	25,9	-	-	0	0	0	22,6	3,3	100
	C _k 14-30	3,62	8	21,9	-	-	0	0	0	18,5	3,4	100
4	A _{h1} 0-5	0	4,5	25	11	14	19,2	5	5	5,2	0,5	23,2
	A _{(b)2} 5-20	0	4,3	15,5	6,2	9,3	11,2	1,7	1,7	3,5	0,6	27,74
5	R ₁ 20-40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	A _(b) 0-15	0	4,7	13,5	8,4	5,1	7,5	2,3	2,3	4,2	1,5	44,44
	R ₁ 15-50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Механичен състав, USDA (Keys to Soil Taxonomy, 1987)
Texture, USDA (Keys to Soil Taxonomy, 1987)

Профил №	Хоризонт	Пясък	Прах	Глина
Населено място	Дълбочина, (cm)	2,0–0,05 mm	0,05–0,002 mm	< 0,002 mm
№ 1 гр.Белене	Ahk 0–20	79,1	15,85	5,05
	Ck 20–45	77,1	19,5	3,4
№ 2 с. Якимово	A(ч) 0–20	58,1	26,4	15,5
	C1 20–40	50,3	21,9	27,8
№ 3 с. Опънец	Ак 0–14	62,6	25,15	12,25
	Cк 14–30	75,4	12,75	11,85
№ 4 Черни връх	Ah1 0–5	45,6	29,2	25,2
	A(h)2 4–20	37,6	21,6	40,8
	R1 20–40	–	–	–
№ 5 Камен дел	A(h) 0–15	24,4	53	22,6
	R1 15–50	–	–	–

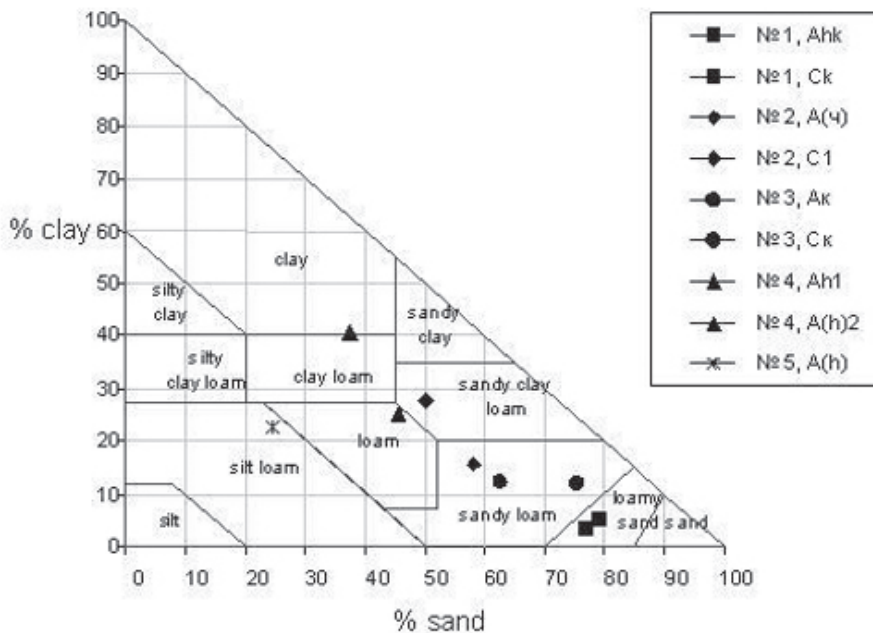
държа водата. Геоложката основа на профил 1 се състои от холоценски и кватернерни речни тераси.

Регосолите подобно на ареносолите също дължат своя механичен състав изцяло на почвообразуващата скала. При профил 2 тя е представена от среднопесъчливо-глинести плиоценски отложения от гетско-понтийски тип. Профил 3 е развит върху старокватернерен лъос с леко песъчливо-глинеста текстура. Регосолите и ареносолите са почви, при които формирането на вторични глинести минерали на място е минимално.

Фината фракция на механичния състав (>2 mm) при литосолите от Витоша се характеризира със сравнително разнообразен състав, което е отражение на разнообразната минералогия на почвообразуващите скали (Желев, 1980). Съдържанието на глина в тях също е относително ниско, с изключение на подповърхностния хоризонт на профил 4 (Ah2). По-високото съдържание на глина в този хоризонт е резултат от задържането на вода през по-голямата част от годината и от интензивните изветрителни процеси, съответстващи на високопланинските условия в тези части на планината.

Според Американските текстурни класове (Keys to Soil Taxonomy, 1987) както и тези на ФАО (2006) изследваните почви се разполагат в следните полета (фиг. 1): Sandy loam (песъчливо праховити) – профил 3 и повърхностния хоризонт на профил 2; Loamy Sand (праховит пясък) – профил 1; Silt loam (фино праховита) – профил 5. Резултатите за профил 4 и хоризонт C1 на профил 2 попадат в границите Clay loam (глинесто-праховита) и Sandy loam clay (глинесто-песъчливо праховита).

От първичните скалообразуващи минерали доминиращо положение в изследваните почви заемат фелдшпатите, слюдите и кварцът (табл. 4). Те участват в изграждането както на пясъчната, така и на праховата фракция. Характерна особеност на профил 1



Фиг. 1. Диаграма на механичния състав, USDA (Keys to Soil Taxonomy, 1987)

Fig. 1. Texture diagram, USDA (Keys to Soil Taxonomy, 1987)

и профил 2 е изключително високото съдържание на кварц в целия профил. Поради пясъчливия характер на ареносолите, минералите кварц и фелдшпати се установяват и в иловата фракция. При литосолите се установява известно количество амфиболи. Минералите хлорити и доломити като първични минерали се установяват само в профил 3, което се дължи на спецификата на лъоса, който е с еолов произход (Минков, 1968) или с алувиален според други (Стоилов, 1984).

Глинестите минерали при регосолите се състоят от илит, смектити и смесени илит-смектитови минерали. Появата на тези минерали е резултат от почвообразуване в алкална среда и изветрянето на фелдшпати и слюди (Костов, 1993; Allen and Hajek, 1989; Wilson, 2004). Минераложката еволюция на регосолите бе определена като монтморилонит или монтморилонит-илитова, а липсата на хлорити при глинестите минерали допълнително затвърждава тенденцията.

При литосолите обаче се наблюдава поява на хлорити в дела на глинестите минерали, както и на вермикулит в профил 4. Въпреки че хлоритите лесно изветрят, при кисляване на почвообразуващата среда те могат да се образуват чрез преустройство на кристалната решетка на трислойни глини (Гюров, Артинова, 2001) или да бъдат унаследени от процеси на хлоритизация, засегнали почвообразуващата скала. Вермикулитът, като представител на смектитовата група, е резултат също от изветрянето на биотит (Wilson, 2004), фелдшпати и амфиболи (Allen and Hajek, 1989). Наличието на хлорити

Таблица 4
Table 4

Първични минерали и глинести минерали
Primary minerals and clay minerals

Профил №	Хоризонт	Първични минерали(лека фракция)	Глинести минерали
	Дълбочина, (cm)		
1	A _{нк} 0–20	кварц > фелдшпати > мусковит	хидрослюди > каолинит > монтморилонит
	C _к 20–45	кварц > фелдшпати > мусковит	монтморилонит > хидрослюди > каолинит
2	A(ч) 0–20	кварц > фелдшпати (ортоклаз), слюди, хлорити	илит > смектит, вермикулит, каолинит (смектит-илит), кварц
	C ₁ 20–40	кварц > фелдшпати (плагиоклаз), слюди, хлорити	илит > (смектит-илит), каолинит, кварц
3	A _к 0–14	слюди > кварц, хлорити, фелдшпати, доломит	илит-смектит > смектит > илит, каолинит, кварц
	C _к 14–30	фелдшпати > слюди, кварц, хлорити	илит-смектит > смектит > илит, каолинит, кварц
4	A _{h1} 0–5	фелдшпати > плагиоклаз, слоести силикати, амфибол > кварц	вермикулит > илит, каолинит > хлорити, смесено-слоести глини
	A _{(h)2} 4–20	фелдшпати, плагиоклаз, слоести силикати > амфибол, кварц	вермикулит, илит, каолинит > хлорити, смесено-слоести глини
	R ₁ 20–40	–	–
5	A _(h) 0–15	плагиоклаз, слоести силикати амфибол, кварц > фелдшпати	хлорити > илит, каолинит,
	R ₁ 15–50	–	–

и вермикулит може да се приеме за междинен стадий на почвообразователния процес, имайки предвид минераложката еволюция с тенденции към илит-каолинит или каолинит-оксиди-хидрооксид, дължаща се на кратковременния етап на развитие на високопланинските почви.

Каолинитът е един от най-широко разпространените глинести минерали в почвите, резултат от изветрянето на фелдшпати, особено в кисела среда (Allen and Hajek, 1989). Това обяснява неговото присъствие в изследваните почви и значителното му участие при литосолите. Смесено-слоестите минерали са индикатор както за не добра изкристализираност на глинестите минерали, така и за съвременните процеси на глинообразуване в почвата, но те заедно с каолинита не се наблюдават при ареносолите. Установените глинести минерали също така са резултат от сиалитен тип изветряне характерен за районите с умерен климат и средно количество валежи (Гюров, Артинова, 2001).

ИЗВОДИ

Изследвани почви са разпространени в разнообразни топографски форми, при различни хипсометрични нива и притежават примитивен строеж на профила – A(C) – C(R) със сравнително плитко разположени хоризонти. Дебелината на профила (A+C) е около 30–45 cm.

По съдържание на органично вещество и колоидно изграждане избраните почвени профили се различават съществено, подчертавайки допълнително тяхната принадлежност към три различни почвени групи. Наблюдава се слабо натрупване на хумус от муловиден тип (ареносоли и регосоли) и значително натрупване на хумус от типа модер (литосоли).

Реакцията на почвата, сорбционния капацитет и наситеността с базични елементи силно са повлияни от наличието и съответно липсата на карбонати. Появата на обменен водород и обменен алуминий са определящи за литосолите.

Въпреки съществените разлики в почвообразуващите скали установените първични минерали са унаследени и са почти едни и същи за всички профили – кварц, фелдшпати и слюди. Разликата в почвообразуващата среда е довела до различни крайни продукти от тяхното изветряне. Сиалитният тип на изветряне не води до повишаване на степента на дисперсност и до натрупване на ил и физична глина в почвите. Формирането на вторичните глинести минерали е относително ограничено, което съответства на факторите на почвообразуване.

ЛИТЕРАТУРА

- Аринушкина, Е. В. 1961. Руководство по химическому анализу почв. Изд. МГУ, 151 с.
- Дюшафур, Ф. 1970. Основы почвоведения. Эволюция почв. М., Изд. Прогрес, 591 с.
- Ганев, Ст., А. Арсова. 1980. Методи за определяне на силно киселинния и слабо киселинния обмен в почвата. – *Почвознание и агрохимия*. № 3, 22–23.
- Ганев, С., А. Арсова, Р. Сечкова, Т. Каличкова, А. Гатева, Х. Търпанова. 1990. Физикохимични свойства на почвите в България и в различни географски райони на света (Сборник от данни). Селскостопанска академия, ИПИД „Н. Пушкиров“, Секция „Химия на почвата“, С., 54 с.
- Гюров, Г., Н. Артинова, 2001. Почвознание. Пловдив, „Макрос 2001“, 474 с.
- Желев, В. 1982. Характеристика и развитие на Витошката централно-магматична структура. Автореферат на кандидатска дисертация, 29 с.
- Живкова, Н., П. Петров. 2008. Катионен обменен капацитет в плитки почви от Витоша като индикатор за глинести минерали. – В: *Геонауки 2008*, Сборник с разширени резюмета от Националната конференция с международно участие, 131–132.
- Кононова, М. М. 1963. Органическое вещество почвы. Его природа, свойства и методы изучения. М., АН СССР, 314 с.
- Костов, И. 1993. Минералогия. С., Техника, 734 с.
- Минков, М. 1968. Лъсът в Северна България. С., БАН, 202 с.
- Михайлов, М., М. Теохаров. 1985. Относно генезиса, диагностиката и класификационното положение на слаборазвити почви от черноземната зона на Северозападна България. Екологизация на селското стопанство, Ямбол, 239–248.
- Михайлов, М. 1988. Генезис, диагностика и класификация на почвите, развити върху гредове в крайдунавските низини. Дисертация за присъждане на научна степен канд. на селскостоп. науки. ССА, ИП „Н. Пушкиров“, 170 с.
- Пенков, М., Ю. Димитрова, И. Христов, Й. Козарев. 1981. Ръководство по почвознание. С., Техника, 204 с.
- Пенков, М. 1991. Ръководство по почвознание. С., Техника, 293 с.
- Пенков, М., В. Донов, Т. Бояджиев, Т. Андонов, Н. Нинов, М. Йолевски, Г. Андонов, С. Генчева. 1992. Класификация и диагностика на почвите в България във връзка със земеразделянето. С., Земиздат, 151 с.
- Стоилов, К. 1984. Лъсовата формация в България. С., БАН, 351с.

- Теохаров, М. 1986. Почвено-генетична характеристика на слаборазвити почви (Регосоли), формиранни върху плиоценски отложения в Петричко-Санданския район. Четвърта национална конференция по Почвознание, София, 48–53.
- Теохаров, М. 2008. Диагностични доводи за въвеждане на нов почвен тип (Пясъчни почви) в българската класификация. – *Почвознание, агрохимия и екология*, № 2, 25–30.
- Христов, Б. 2009. Педометрична същност и таксономична принадлежност на примитивните почви, формиранни върху Черноземната зона на България. Докторска дисертация, архив на ИПИП, 147 с.
- Allen, B. L., Hajek, B. F. 1989. Mineral occurrence in soil environments. – In: *Minerals in soil environments*. 2nd Edition, SSSA, Madison, USA, 199–250.
- FAO, 2006. Guidelines for soil Description, FAO, Rome. 97 p.
- FAO, 2006. World reference base for soil resources, FAO, Rome, 132 p.
- Wilson, M. J. 2004. Weathering of the primary rock-forming minerals: processes, products and rates. – *Clay Minerals*, 39, 3, 233–266.
- USDA, 1987, Keys to Soil Taxonomy, Third Printing, Cornell University, p. 280.

Постъпила септември 2015 г.