

ГЕОХИМИЧНИ ПРОУЧВАНИЯ НА АЗОНАЛНИ ЛАНДШАФТИ В СТАРОЗАГОРСКОТО ПОЛЕ, ВЪЗНИКНАЛИ ВСЛЕДСТВИЕ НА АНТРОПОГЕННА ДЕЙНОСТ В АНТИЧНОСТТА

Румен Пенин¹, Димитър Желев¹

В статията се разглеждат резултатите от геохимичните проучвания на азоналните ландшафти в Старозагорското поле, извършени през лятото на 2012 г. Особеният интерес е предизвикан от генезиса на тези ландшафти, свързан с човешката дейност в древността и нейното въздействие върху почвената покривка. Изследвани са съдържанията на тежки метали в засолените почви, като при анализа и интерпретацията на получените резултати са използвани редица коефициенти. На тази основа са изготвени геохимични спектри.

Ключови думи: тежки метали, засолени почви, азонални ландшафти, халофити, антропогенизация, античност

GEOCHEMICAL RESEARCH OF AZONAL LANDSCAPES IN THE STARAZAGORSKO POLE FORMED BY HUMAN IMPACT IN THE ANTIQUITY

Rumen Penin, Dimitar Zhelev

Abstract: A complex landscape research was conducted in the East Upper Thracian Plain (Starozagorsko pole) in the summer of 2012. Particular interest is the observation and the investigation of azonal landscapes whose genesis is related to the human impact in ancient times. The research object is the locality ‘Tuzlite’ near Sarnevo Village, Municipality of Radnevo. That place is representative for many similar landscapes around Thracian tombs in South Bulgaria. The human caused accumulation of land mass around the tombs created negative land forms in the local topography in the past. The high level of ground waters in such places is the major

¹ Софийски университет „Св. Климент Охридски“, ГГФ, катедра ЛОПС
rpenin@abv.bg; dimitar.zhelev@gmail.com

trigger that makes the specific kind of azonal landscapes rich of saline soils (Solonetz type). Representative soil samples have been collected in lateral perspective as well as in radial soil profile. The soils of the neighboring Thracian tombs have been investigated too. In addition, the dominant local halophyte (*Puccinallia distant*) has been researched in order to be clarified the biogeochemical specifics in the area. The analyses have been made in the Geochemistry Laboratory of the Faculty of Geology and Geography, Sofia University 'St. Kliment Ohridski', Bulgaria, applying the method of atom-absorb spectrophotometry with the spectrophotometer 'Perkin-Elmer' – AA. The general content of elements Cu, Zn, Pb, Mn, Ni, Co, and Cr has been found. An interpretation of the results applying geochemical spectrums has been made. The elements with well-determined radial differentiation have been outlined and have been explained. The research enables us to draw conclusion for the paleogeographic and paleogeochemical environment in the investigated part of the Upper Thracian Plain. The research results give relatively reliable geochemical 'picture' of the area and allow comparative studies with similar territories in either other parts of Bulgaria or abroad. They could enable the organization of soil and geochemical monitoring in the investigated area.

Keywords: heavy metals, solonets soils, azonal landscapes, halophytes, anthropogenization, ancient

ВЪВЕДЕНИЕ

Една от проявите на антропогенизацията е свързана с въздействието върху почвената покривка. Пример в това отношение е появата на процеси на засоляване в определени ландшафти, което от своя страна е причина за формирането на азонални природно-антропогенни комплекси.

Засоляването на почвите е процес на натрупване на водоразтворими соли в почвения профил, между които преобладават натриеви и магнезиеви соли, хлориди, сулфати и др. Този процес води до алкализация на изветрителната кора и на почвата и в геохимично отношение представлява явление, което стои извън установените схващания за киселинност и алкалност в зоналните почви. Именно затова и засолените почви се разглеждат в повечето класификации като азонални почвени типове.

Натрупването на Na е известно и под наименованието содификация. В геохимично отношение солите са разтворени във водата в различна концентрация, придвижват се с нея и когато има условия за изпарение, те остават на повърхността на т.нар. геохимична изпарителна бариера. Различават се първично засоляване, свързано с концентрирането на соли в резултат на естествени процеси, причина за което е обикновено високото съдържание на соли в изветрителния първичен материал или наличието им в подпочвените води, и вторично засоляване – в резултат на антропогенна дейност, свързана с неподходящи начини на напояване или недостатъчен дренаж на съответната територия. Сред природните фактори особено важни са състоянието на подпочвените води, техният химичен състав, както и нивото им в съответните почви.

В редица източници се посочва, че засоляването и натрупването, особено на големи количества Na, води до разрушаване на първичната структура на поч-

вата. Това е причина за появяването и на конкретни физиологични нарушения на природните комплекси. Свързано е особено с въздействието върху растителността, тъй като солите затрудняват развитието на растенията, ограничават приема на други хранителни вещества и нарушават качеството на постъпващите в ландшафта води. Това, от своя страна, причинява нарушаване на метаболизма на почвените организми и се отразява пряко върху най-важното свойство на почвите – плодородието. Почвите стават практически необработваеми и често попадат в категорията на непригодните за земеделие земи.

Засолените почви са два основни типа в ордер D (почви с акумулация на соли): солончаки (Solonchaks, SC) – съдържат водоразтворими соли над 1% в повърхностния хоризонт, като хлориди, сулфати, карбонати – при pH > 8,5. Най-често солите са NaCl, Na₂SO₄, Na₂CO₃. Те се поделят на четири подтипа: обикновени, глееви, карбонатни и содови (солонци-солончаки).

Вторият тип са солонците (Solonetz, SN), които съдържат обменен Na в количества, по-високи от 20 % в сорбционния си капацитет. Натрият в тях има два различни произхода – от солите на грунтовата вода или от содОВОЗАСОЛЕНИЯ почвообразуващ материал. У нас се срещат сулфатно-содови и сулфатно-хлоридни солонци. Най-характерен за тях е солонцовият В-хоризонт със стълбчеста или призматична структура. Повърхностният А-хоризонт е силно разсветлен и безструктурен. Под илувиалния хоризонт обикновено лежи богата на соли подпочва. Тя съдържа още карбонати и в някои случаи и гипс. Съдържанието на обменен Na е главната причина и за редица други свойства на тези почви като голяма плътност, слаба водопропускливост, извънредно голям неизползваем воден запас, малко продуктивна влага, понижена аерация, висока дисперсност, лепливост, силно алкална реакция, ниско съдържание на хумус. Солонците у нас са представени от два подтипа: обикновени (Naplic) и ливадно-солонцовидни (глееви – Gleyic). Солените почви са поделени на два типа поради съществените им различия в генезиса, свойствата, състава и мероприятията за подобрието и използването им (Taxonomic list...).

Процесът на засоляване практически е характерен за всички почвено-климатични зони, като най-силно е проявен в аридни и семиаридни райони (Gedroits, 1927; Kovda, 1947; Dobrovolskiy, 1983; Fridland, 1986; Penkov, 1979; Ganev, 1990; Atlas ..., 1988, и др.). Според някои източници над 6,5 % от почвите на сушата са засолени, а според други засолени са над 25% от почвите. В Европа са установени над 35 млн. ha засолени почви в по-сухите територии. На територията на страната процесът на засоляване има локален характер и се наблюдава главно в райони с повишено ниво на подпочвените води и изпарителен тип воден режим.

ОБЕКТ НА ИЗСЛЕДВАНЕ

У нас се смята, че са засолени около 35 хил. ha почви, пръснати във вид на по-големи или по-малки ареали в Горнотракийската низина (Пловдивско) – по долината на р. Стряма, районите на селищата Раковски и Брезово, Белозем, Граф Игнатиево, Костиево, Радиено, Бенковски, както и в Сливенско, Старозагорско, Новозагорско, Ямболско – долината на р. Тунджа, в северните части на

Дунавската равнина – особено в придунавските низини – Чернопольска, Вардимска, покрай Черно море – в района на Несебър, Старо Оряхово, бургаските езера и др. Неколкократно повече са площите на солонците в сравнение със солончаците (Penkov, 1979; Gyurov, Totev, 1990). Изследванията показват, че получената върху тях продукцията като цяло е с влошено качество и сравнително ниски количествени показатели за отделните култури. Засолените почви заемат обикновено места със слаб дренаж без видим повърхностен отток.

Тези почви са проучени първоначално по-обстойно в средата на ХХ в. от автори като Антипов-Каратаев (1947), Герасимов, Койнов (1956) и обобщени в монографията за почвите на страната, издадена от български и руски учени (Soils..., 1959).

По данни на МОСВ в област Стара Загора са засолены над 350 ha, като най-много са в района на Старозагорското поле – в землищата на селата Могила, Горно Ботево, Плоска могила, Пшеничево, Сърнево и др. Тук почвите са ливадни солонци предимно със солонцевато засоляване (Soil..., 1974).

За разлика от други части на страната, в проучвания район на Старозагорското поле се наблюдават особен вид засоляване на почвите, свързано с десетките древни тракийски могили, пръснати из него. В местата на изкопаване на почвен и почвообразуващ материал и наслагването му в могилите се образуват видими понижения. Такъв е случаят при землището на с. Сърнево, община Раднево, където са проведени конкретните ни полеви изследвания. Именно тук се наблюдават засолены почви от типа солонци. Формират се специфични интра-зонални ландшафти, които добре личат не само на терена, но и от дистанционни снимки на полето. Почвообразуването в тези ландшафти е със специфична история на развитие след построяването на тракийските гробищни могили, чието възраст се установява около V в. пр. Хр.

ТЕОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ

Цел на изследването са съдържанията на тежки метали в засолените почви на Старозагорското поле, тъй като те са приоритет при екогеохимични проучвания, от една страна, а от друга, позволяват да се установи връзка между повишеното съдържание на соли в почвите и миграцията и концентрацията на микроелементите – проблем, който е недостатъчно изучен в почвената геохимия у нас. В резултат на теренните проучвания през лятото на 2012 г. са събрани почвени проби.

Химичните анализи са извършени в Лабораторията по геохимия на ГГФ на СУ „Св. Климент Охридски“ чрез метода на атомно-абсорбционната спектрофотометрия със спектрофотометър апарат Perkin-Elmer 3030 след изгаряне при 400 °C и пълно последователно разтваряне със смес от киселините HClO₄, HF и HCl. Установено е общото съдържание (mg/kg, ppm) на елементите: Cu, Zn, Pb, Mn, Ni, Co и Cr. Получените резултати от анализите са представени в табл. 1.

При анализа и интерпретацията на получените резултати са използвани редица коефициенти, като КК (кларк на концентрация), КР (кларк на разсейване) и коефициент на радиална диференциация (R). На тази основа са изготвени геохимични спектри.

РЕЗУЛТАТИ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Анализът и интерпретацията на данните от табл. 1 показват сходни съдържания на тежки метали в засолените почви на изучения район. Относително по-високи стойности се отбелязват за Cu, Zn, Pb и Co, докато за Mn, Ni и Cr те са по-ниски в сравнение със засолените почви в света. Трябва да отбележим, че съдържанията на микроелементи в засолените почви на света имат относителен характер, тъй като за тяхното определяне е използван неголям брой публикации за тези типове почви в разнородни в геохимично отношение райони на света (Stanchev, Gyurov, Machev, 1962; Kabata-Pendias, Piotrovska, 1971; Shacklette, Boerngen, 1984; Kabata-Pendias, Pendias, 1989, и др.). Получените резултати са съпоставими със съдържания на микроелементи в засолените почви от съседна територия – района на с. Белозем, Пловдивска област (Atlas of Soils in Bulgaria, 1998).

Таблица 1

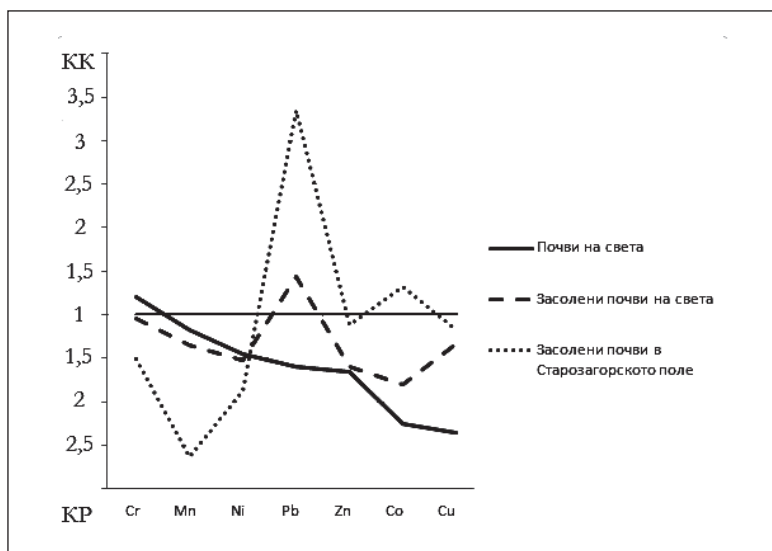
Съдържания на микроелементи

(по: ¹Виноградов, 1962; ²Виноградов, 1956; ³Salminen, 2005; ⁴Мирчев, 197; ⁵Пенин, 2003; ⁶Пенин, Желев, 2014; ⁷Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989)

	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr
Литосфера ¹	47	83	16	1000	58	18	83
Почви на света ²	20	50	10	850	40	8	100
Почви на Европа ³	17,3	68,1	32,6	810	37,3	10,4	94,8
Почви на България ⁴	30	75	35	1000	36	20	70
Почви на България - фон ⁵	24	67	25	695	32	16	60
Почви в Старозагорското поле ⁶	31,47	100,97	32,62	565,79	38,13	21,18	38,48
Засолените почви на света ⁷	35	52	23	740	38	10	80
Засолените почви в Старозагорското поле	40,20	74,62	53,47	379,26	30,84	23,79	55,10
Изворник (<i>Puccinellia distans</i>)	463,08	309,05	51,67	7243,55	4,87	463,08	0,00

Важността на редица микроелементи за нормалното развитие и функциониране на растенията, в това число и културните, е проучено отдавна. Обобщени резултати са отбелязани в редица трудове, свързани с агрохимията (Stanchev, 1982; Agrochemistry, 1984). Наторяването с микроелементи е един от пътищата за антропогенно постъпване на тежки метали в почвите на района. Ето защо важна задача е установяването на микроелементи в относително незасегнати от стопанската дейност ландшафти и в такива, подложени на силно антропогенно въздействие.

В сравнение с обобщените съдържания на почвите на света на фиг. 1 ясно се очертават повишените концентрации на микроелементите Pb, Co, Zn, Cu в засолените почви на Старозагорското поле и в света. По всяка вероятност това са тежките метали, които се натрупват в определена степен в засолените почви, особено **Pb**, чиито високи съдържания се отбелязват в редица публикации. Веднъж попаднал в почвената система, този елемент трудно се изнася при нормални условия на функциониране на почвено-геохимичната система. Доказаната силна адсорбция на Pb в почвите означава, че постъпването му в тях по



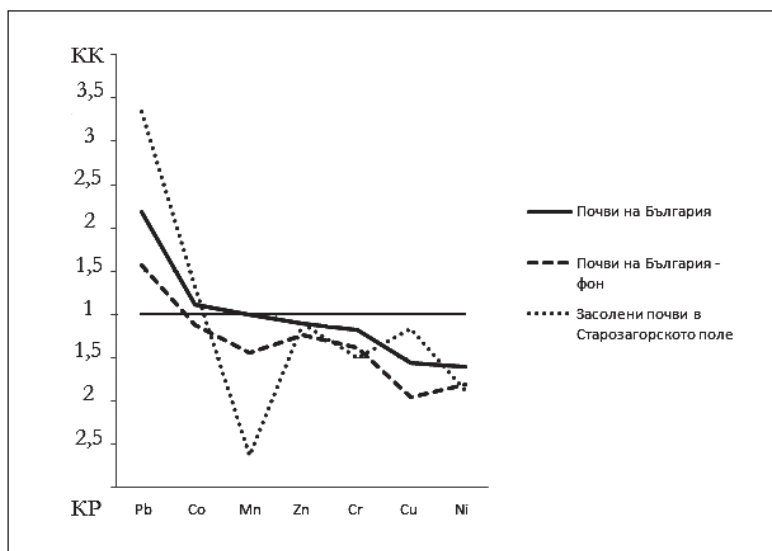
Фиг. 1. Геохимичен спектър на микроелементите в: литосфера (КК=1), почви на света; засолени почви на света; засолени почви на Старозагорското поле

принцип има постоянен и необратим характер (Kabata-Pendias, Pendias, 1989). Връзката между нитратите и Pb, както и тяхното повишено съдържание в почвите, е отбелязано в работата на Woytowicz (1980). Повишеното съдържание на Pb, особено в повърхностните хоризонти, е свързано и с биологичната роля на микрофлората и халофитните растения, разпространени в районите със засоленни почви.

Относително повишени концентрации на **Co** в засоленни почви са отбелязани в различни райони на света, като обикновено той е свързан с геохимичните особености на почвообразуващата скала и изветрителната кора. Преразпределението му в почвените хоризонти е под въздействие на спецификата на почвообразователните процеси в солончаците и солонците и други почви с повишени съдържания на соли (Kubota, 1968; Shacklette, Boerngen, 1984, и др.).

Общото съдържание на елемента **Zn** в проучваните почви (74,6 mg/kg) е високо в сравнение с почвите на света и засолените почви. Подобни съдържания за засолените почви в страната са отбелязани отдавна от Stanchev, Guurov, Machev (1962), както и в Атлас на почвите в България (1998). Процесите, свързани с механизма на адсорбцията на Zn, са изследвани от редица автори, и като цяло са установени два механизма. Единият е свързан с кисела среда – връзката е с катионния обмен, а в алкална среда, каквато се наблюдава в засолените почви, процесът се разглежда като хемосорбция и силно зависи от присъствието на комплексни органични съединения (лиганди). Като цяло органичното вещество в почвите способства за свързването на Zn в устойчиви форми, в резултат на което се наблюдава натрупването на елемента в органичните хоризонти на почвата (Kabata-Pendias, Pendias, 1989; Wada, Abd-Elfattah, 1978).

Cu е сред микроелементите с повишени концентрации в засолените почви на света и проучвания район, където средното им общо съдържание достига

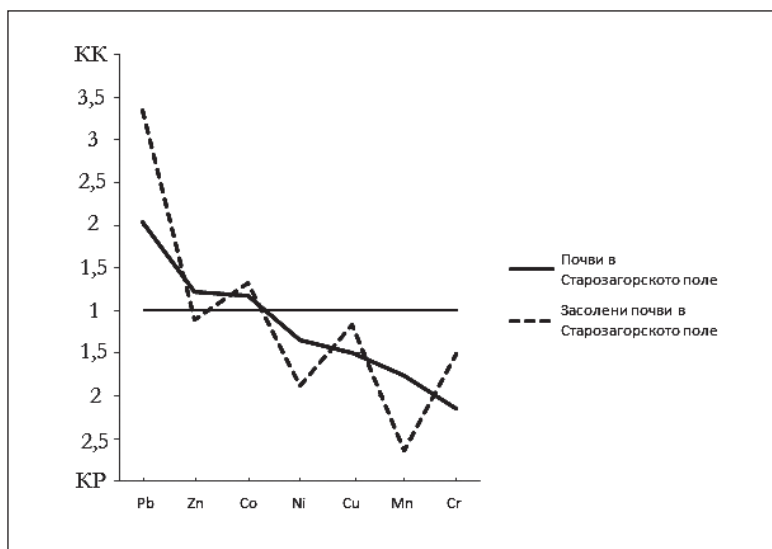


Фиг. 2. Геохимичен спектър на микроелементите в: литосферата (KK=1), в почвите на България, почвите на България фон и засолените почви на Старозагорското поле

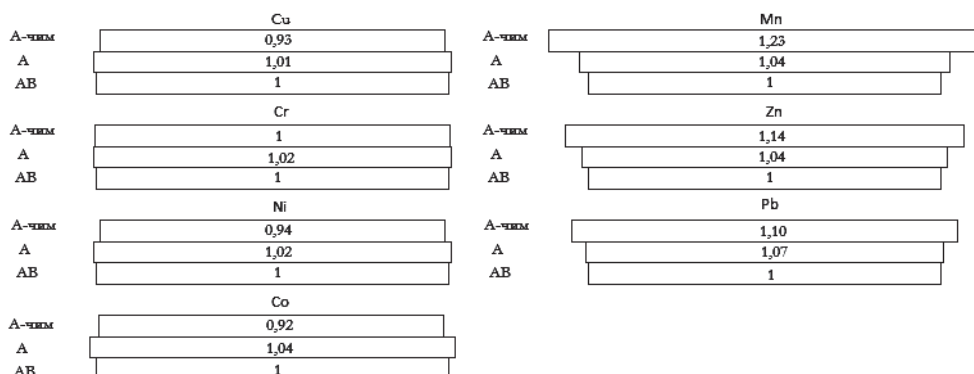
40,2 mg/kg. Това добре личи и от геохимичния спектър (фиг. 2), откъдето може да се направи сравнение на съдържанието на Cu в почвите на страната като цяло и в почвите на фоновите територии от България. По всяка вероятност се наблюдава местно литогеохимично влияние, свързано с почвообразувателния субстрат. Това е причината да бъдат установени по-високи концентрации на мед и в засолените почви в други райони на света. В редица публикации се потвърждава, че адсорбцията на Cu е свързана преди всичко с оксидите на Fe и Mn, аморфните хидрооксиди на Fe и Al и глинести минерали, като монтморилонит, вермикулит, имоголит (Harter, 1979). От друга страна, известна е способността на Cu като хелато и комплексообразувател, което е възможна причина за задържането на този елемент в почвено-геохимичната система на типовете засолените почви.

Останалите микроелементи (Cr и Ni) имат по-ниски концентрации в сравнение с общото съдържание на двата елемента в почвите на света и конкретно за засолените почви. За Cr е установено, че има по-ниски концентрации в хистосолите при условия на преувлажнение и високо ниво на подпочвени води (Kabata-Pendias, Pendias, 1989). Като цяло засолените почви на света имат относително по-ниски концентрации и на Ni в сравнение с другите почвени типове. В района на изследване в землището на с. Сърнево, община Раднево, неговото съдържание е 30,8 mg/kg, което е по-ниско, отколкото в почвите на страната и на Старозагорското поле като цяло. Впечатление прави относително по-ниската концентрация на Mn (379 mg/kg) в засолените почви на района на изследване. Подобни по-ниски съдържания са отбелязани за различни райони на света със засолените почви, като по всяка вероятност причината са почвообразувателните материали, както и спецификата на биогеохимичния цикъл в този тип почви.

На фиг. 2 добре личи повишената концентрация на микроелементите Pb и Cu в засолените почви на района в сравнение с почвите на страната като цяло и



Фиг. 3. Геохимичен спектър на микроелементите в почвите като цяло и засолените почви на Старозагорското поле



Фиг. 4. Радиален геохимичен спектър на засолени почви

на почвите във фонові райони от страната. КК на Ni, Cr, Co и Zn са близки до тези на почвено-геохимичния фон за страната. Единствено манганът има най-високи стойности – КР = 2,6.

Геохимичният спектър (фиг. 3) дава представа за концентрациите на микроелементи в почвите на Старозагорското поле като цяло и съдържанията на същите елементи в засолените почви. От него личи, че в засолените почви се концентрират елементи като Pb, Cr, Cu и Co в сравнение в оградящите ги почви от полето. Останалите елементи са с по-ниски концентрации, особено Mn (КР=2,7).

Върху радиалното преразпределение на микроелементите в почвите особено важно въздействие оказва окислително-редукционният режим. Тази връзка е посочена и изяснена в редица публикации (Kostenkov, 1987, и др.). По всяка вероятност този фактор играе важна роля при разпределение на елементите в профила на засолената почва (фиг. 4). Сходни съдържания и подобен тип разпределение на тежки метали в почвите са отбелязани в публикацията на Мотузова (2009).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резултатите от проучването на засолените почви в Старозагорското поле показват ясно открояваща се асоциация от концентриращи се в тях тежки метали, а именно Pb, Co, Zn, Cu. Специфичният антропогенен аспект в историческото развитие на почвената покривка (изграждането на множество тракийски гробищни могили и близката поселищна и земеделска дейност) е дал отражение върху геохимичния състав на засолените почви, свързан с особените условия на почвообразуване при повишени подпочвени води и развитие на халофитна растителност.

ЛИТЕРАТУРА

- Антипов-Каратаев, И. Н.** (1947) Почвите в България. Доклади по почвените изследвания в България, извършени от съветско-българската експедиция през 1947 г./ Antipov-Karataev, I. N. 1947 Soils in Bulgaria. Reports on Soil Research in Bulgaria, Conducted during the Soviet-Bulgarian Expedition in 1947, pp. 457 (Bg)
- Антипов-Каратаев, И. Н.** (1958) Почвоведение. М. ГИСХЛ./Antipov-Karataev, I. N. 1958. Soil Science, Moscow, GISHL, pp. 345 (Ru)
- Ганев, Ст.** (1990) Съвременна почвена химия. Наука и изкуство, С./Ganev, St. 1990 Contemporary Chemistry of Soils. Nauka i izkustvo, Sofia, pp. 250 (Bg)
- Гедройц, К. К.** (1927) Почвено поглосающий комплекс и почвенные поглощенные катионы, как основы генетической почвенной классификаций. М., 282 с. / Gedroits, K. K. 1927. Soil Absorbing Complex and Soil Absorbed Cations as a Base of the Genetic Soil Classification, Moscow, pp. 282 (Ru)
- Гюров, Г., Т. Тотев.** (1990) Почвознание. Земиздат, С., с. 247 / Gyurov, G., T. Totev. 1990. Soils Science, Zemizdat, Sofia, pp. 247 (Bg)
- Добровольский, В.В.** (1983) География микроэлементов. Глобальное рассеяние, М., Мысль. с. 367 / Dobrovolskiy, V. V. 1983 Geography of Microelements. Global Dispersion, Moscow. Mysly, pp. 367 (Ru)
- Ковда, В.А.** (1947) Происхождение и режим засоленных почв. М., АН СССР, с. 502 / Kovda, V. A. 1947. Origin and Regime of Salt-Rich Soils, Moscow, AN SSSR, pp. 502 (Ru)
- Койнов, В.** (1956) Влияние четвертичных тектонических движений на проявление почвообразовательных процесс в Верхне-Фракийской низменности в Болгарии. Почвоведение, кн. 9., с. 25 / Koynov, V. 1956. Impact of Quaternary Tectonic Movements on Appearance of Soil-Forming Processes in the Upper Thracian Plain in Bulgaria. Soil Science. Book 9, Moscow, pp. 25 (Ru)

- Кабата – Пендиас А., Х. Пендиас** (1989) Микроэлементы в почвах и растениях, Изд. Мир, М., 371 с. / Kabata-Pendias, A., H. Pendias 1989 Microelements in Soils and Plants. Mir, Moscow, pp. 371 (Ru)
- Костенков, Н.М.** (1987) Окислительно-восстановительные режимы в почвах периодического переувлажнения. Наука, М., 145 с. / Kostenkov, N. M. 1987 Oxidation-Reduction Regime in Soils in Periodic Oversaturation. Nauka, Moscow, pp. 145 (Ru)
- Мотузова, Г.В.** (2009) Соединения микроэлементов в почвах. Либроком, М., 390 с. / Motuzova, G. V. 2009 Chemical Compounds of Microelements in Soils, Librokom, Moscow, pp. 390 (Ru)
- Нинев, Н.** (2005) Таксономичен списък на почвите в България според световната система на ФАО. <http://www.prokarstterra.bas.bg/geo21/2005/5-05/pp4-20.html> / Ninov, N. 2005 Taxonomic List of Soils in Bulgaria in accordance to the World System of FAO. <http://www.prokarstterra.bas.bg/geo21/2005/5-05/pp4-20.html>
- Пенков, М.** (1979) Мелиоративно почвознание. Изд. Техника, С., 120 с. / Penkov, M. 1979 Ameliorative Soil Science, Tehnika, Sofia, pp. 120 (Bg)
- Станчев, Л. и др.** (1982) Микроелементи и микроторове. Земиздат, С., 189 с./ Stanchev, L. 1982 Microelements and microfertilizers. Zemizdat, Sofia, pp. 189 (Bg)
- Фридланд, В.М.** (1986) Проблемы географии генезиса и классификации почв. М. Наука., 405 с. / Fridland, V. M. 1986 Problems of Geography of Origin and Classification of Soils, Nauka, Moscow, pp. 405 (Ru)
- x x x Атлас на почвите в България (1998) Земиздат, С./ Atlas of Soils in Bulgaria. 1998, Zemizdat, Sofia, pp. 80 (Bg)
- x x x Атлас почв Молдавии (1988) „Штиинца“, Кишинев./ Atlas of Soils in Moldova. 1988, Shtintsa, Chisinau, pp. 45 (Ru)
- x x x Агрохимия. Земиздат (1984) С./ Agrochemistry. Zemizdat 1984, Sofia, pp. 301 (Bg)
- x x x Почвено-географско райониране на България (1974) Изд. БАН, С./ Soil-Geographic Regionalization of Bulgaria 1974, BAN, Sofia, pp. 56 (Bg)
- x x x Почвы Болгарии (1959) Изд. Академия наук СССР, М./ Soils of Bulgaria 1959, Akademiya nauk SSSR, Moscow, pp. 298 (Ru)
- Harter, R.D.** (1979) Adsorption of copper and lead by Ap and B2 horizons of several NE US Soils. Soils Sci, Am. J. 43.
- Kabata-Pendias, A., M. Piotrowska** (1971) Total contents of trace elements in soils of Poland. Materialy IUNG, Poland.
- Kubota, J.** (1968) Distribution of cobalt deficiency in grazing animals in relation to soils and forage plants of the United States. Soil Sci., 106,122.
- Penin, R, D. Zhelev** (2014) Landscape Transformations in the East Upper Thracian Plain (South Bulgaria). Rural Space and Local Development, 6th International Conference, Presa Universitara Clujeana, Cluj-Napoca, Romania.
- Shacklette, H.T., J.G. Boerngen** (1984) Element concentration in soils and other surficial materials of the conterminous United States. U.S. Geol. Surv. Prof.Pap. 1270.
- Stanchev, L., G. Gyurov, N. Machev** (1962) Cobalt as a trace element in Bulgarian soils. Izv. Centr. Nauch. Inst. Pochvozn. Agrotekh. Pushkarov, 4,145, Sofia.
- Wada, K. , A. Abd-Elfattah** (1978) Characterization of zink adsorption sites in two mineral soils. Sooil Sci. Plant Nutr., 24,
- Woytowicz, B.** (1980) Lead effect on the accumulation of nitrates in soil, Roczn. Glebozn, 31, 309.
- Сайт на МОСВ, достъпен – юли 2014 <http://eea.government.bg/eea/bg/publicat/report/landsoil/acidif4.htm>