

ИВОНА НИКОВА*¹, БИСЕР ХРИСТОВ*, АЛЕКСАНДЪР ЗДРАВКОВ, КАЛИН РУСКОВ**, ДИМИТЪР ПЕТРОВ**, ДИМИТЪР БАКЪРДЖИЕВ****

*Институт по почвознание, агротехнологии и защита на растенията „Н. Пушкиров“, София
Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, София*

¹E-mail: ivon@mail.bg

Мониторинг на химичните характеристики на почвите в района на ТЕЦ „Бобов дол“

Monitoring of Chemical Characteristics in Soils from “Bobov dol” Valley

I. Nikova*¹, B. Hristov*, A. Zdravkov**, K. Ruskov**, D. Petrov**, D. Bakardzhiev**

**N. Poushkarov Institute of Soil Science, Agrotechnologies and Plant Protection, Sofia, Bulgaria*

***University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, Sofia, Bulgaria*

Abstract

This paper presents results of monitoring research in the soils close to Thermal Power Plant “Bobov dol”. The aim is to determine the changes in soil sorption capacity and soil acidity. The data obtained from research confirm that typical for the region Luvisols have good sorption properties. Reclaimed Technosols show low soil sorption capacity. The results show that there is no significant change in the chemical properties in surface horizon of the soils close to TPP “Bobov dol”, despite long period of operation and deposition of coal ash.

Key words: soil exchange capacity, soil active and exchange acidity, coal ashes

Въпросът за влиянието на електрическите централи върху въздуха, водата, почвата и съответно върху здравето на населението е актуален и широко дискутиран. Топлоелектрическите централи, работещи с твърдо гориво (въглища), са едни от сериозните промишлени замърсители на околната среда. Съвременните топлоелектрически централи обикновено са оборудвани с устройства за улавяне на т. нар. „тецова пепел“ (циклони, гравитационни прахоуловители, електростатични филтри, ръкавни филтри), ефективността на които в зависимост от използваната технология варира от 70% до над 99%. Въпреки това една част от увлечената с димните газове пепел неизбежно преминава през филтрите и се изхвърля в атмосферата като „газова пепел“ през димохода на ТЕЦ. Това са предимно фини пепелни частици с размери най-често под 10 µm, а в много случаи и със

субмикронни размери, които са и най-опасните, тъй като обикновено съдържат повишени концентрации от някои тежки метали и токсични елементи (Helble, Sarofim, 1993; Helble, 1994; Meij, 1994; Ratafia-Brown, 1994; Huang et al., 2004 и др.). Това е предпоставка в близост до местоположението на централите да се получава локално замърсяване на околната среда в резултат на отлагане на газова пепел върху растителност и почви. Нещо повече, показано е, че водният извлек от тецова пепел от електрофилтрите на ТЕЦ „Бобов дол“ е с pH 12,6 (Шумкова, 2006). Това предполага, че високата алкалност на пепелните емисии ще нарушава киселинно-основното равновесие в почвата при отлагането им в нея. Данните за увреждане на физиологичната дейност на културите в района датират още от 1985 г. (Меракчийска и др., 1985). Те обаче изясняват само фотосинтетичната активност на листата

и не разглеждат други растителни органи или почвата.

Целта настоящото проучване беше да проследят промените в химичните свойства на почвата посредством определяне на нейните сорбционни величини, активна и обменна киселинност.

Материал и методи

ТЕЦ „Бобов дол“ се намира в югозападната част на България, в близост до едноименния град. Въведена е в експлоатация през 1973 – 1975 г. с три блока по 210 MW. Понастоящем там се изгарят предимно лигнитни въглища от Чукуровския, Белобрежкия и Станянския басейн, както и малко количество кафяви въглища от Бобовдолския и Пернишкия басейн (Здравков, 2012).

Почвената покривка е разнообразна (съгласно WRBSR, 2006): Излужени и Типични Канелени горски почви (Endocalcic Luvisols и Haplic Luvisols, Канелени горски почви, смолничивидни (Vertic Luvisols), като по стръмните части на релефа се срещат и някои слабо развити, плитки ерозирани почви (Cambisols и Leptosols). В най-ниските части на котловината в близост до речните корита са разположени Алувиално-ливадните почви (Mollic Fluvisols). Подножията на долинните склонове, дъната на сухите долини и поройните долове са изградени от делувиални материали. На места покрай р. Разметица става отлагане на алувиални материали. Цялата останала част от територията на котловината е изградена от палеогенски меки седименти, които лесно се подават на разрушение (Hristov et al., 2013). В землищата на гр. Бобов дол, в близост до с. Палатово е изградено рекултивирано хвостохранилище. Действащото хвостохранилище се намира в близост до с. Каменик и с. Грамаде.

За определяне влиянието на ТЕЦ „Бобов дол“ върху почвените характеристики и съдържанието на токсични елементи в почвите, водите и растенията в Бобовдолската котловина е изследвана площ с размер около 45 km², приблизително в центъра на която се намира централата. Избраният за изследване район около ТЕЦ „Бобов дол“ е разделен на полигони с размер от 1 km² в рамките на които са опробвани само обработваемите земеделски

земи. Теренното проучване е извършено по мониторингова мрежа, като местоположението на отделните точки е съобразено така, че максимално плътно да покрива избрания район. Опробван е хумусният почвен хоризонт на дълбочина до 30 cm. Взети са почвени проби, представителни за почвените различия на изследвания участък. На тези проби са определени рН по метода на ФАО (описан от Пенков и кол., 1992) и следните сорбционни величини по метода на Ганев и Арсова (1980): катионен обменен капацитет ($T_{8,2}$), силнокиселинни (T_{CA}), слабокиселинни (T_A) позиции на почвения адсорбент, обща киселинност ($H_{8,2}$), обменна киселинност (Al) и състав на по-важните обменно адсорбирани катиони на почви от региона (табл. 1, 2).

Резултати и обсъждане

В района преобладават почвените различия със слабокиселинен характер на химичната среда. Тези условия се характеризират с интензивно химично изветряне на минералите и ускорен цикъл на биогеохимични трансформации, сред които преобладават процесите на минерализация, миграция и дезинтеграция.

Реакцията на почвата (рН) изразява концентрацията на водородните катиони в почвено-водната суспензия, формирана от йонния обмен между почвените колоиди, органичното вещество, живите организми и почвения разтвор. Тя се променя в доста широки граници в изследвания регион – от много силно кисела – 4,5 (Ганев, 1990) до алкална реакция – 7,7 (фиг. 1, табл. 1).

Слабо алкална среда е установена в близост до утайниците на ТЕЦ – там, където върху повърхността на почвите се установява наличието на тънък слой от тецова пепел. Пространственото разпределение на стойностите на рН се характеризира с тенденция към увеличаване на почвената реакция с отдалечаване от тази зона. Тази зависимост е показана на фиг. 2.

Киселата реакция е характерна за почвите от високите хълмове в източна посока, които вероятно са изиграли ролята на бариера при разпределението на пепелните частици. Съвсем различна е ситуацията в южна и западна посока, където промяната в химичната среда на хумусния почвен слой е значителна и пространствено нехомогенна (фиг. 1). Като се има

Таблица 1. Химични свойства на почвите на юг от топлоцентралата
Table 1. Soil chemical properties in south direction from the TPP "Bobov Dol"

Почвен тип	Точка по GPS	pH в H ₂ O	T _{8,2}	T _{CA}	T _A	Обм. H _{0,2}	Обм. Al + H	Обм. Ca	Обм. Mg	Степен на наситеност с бази
			cmol/kg							
Канелени горски почви, слабо излужени, средно ерозирали	Bd 51-2	6,9	28,0	25,2	2,8	0,4	0,0	23,9	3,6	98,57
Алувиално-делувиални почви	Bd 52-3	5,9	22,1	21,1	1,0	1,1	0,24	18,2	2,8	95,02
Канелени горски почви, слабо излужени, средно ерозирали	Bd 62-1	5,3	29,5	27,0	2,5	2,7	0,12	22,4	4,3	90,85
Канелени горски почви, слабо излужени, средно ерозирали	Bd 64-2	5,9	16,4	15,3	1,1	1,2	0,06	12,1	2,8	92,68
Канелени горски почви, слабо излужени, средно ерозирали	Bd 67-1	5,7	30,2	28,8	1,4	1,6	0,12	26,1	2,7	94,70
Канелени горски почви, слабо излужени, средно ерозирали	Bd 71-1	7,2	47,8	-	-	0,0	0,0	47,0	1,0	100,00
Рекултивирани почви, необработваеми	Bd 72-2 антр.	7,7	13,3	-	-	0,0	0,0	9,3	4,0	100,00
Алувиално-делувиални почви	Bd 75-1	4,7	23,5	20,4	3,1	3,5	0,36	15,8	3,9	85,11
Канелени горски почви, слабо излужени	Bd 79-2	5,9	24,1	22,5	1,6	1,8	0,18	17,0	5,4	92,53
Канелени горски почви, слабо излужени	Bd 80-2 антр.	4,6	18,0	15,8	2,2	3,0	0,96	10,8	3,9	83,33
Антропогени почви, необработваеми	Bd 81-1 антр.	5,6	28,5	27,1	1,4	1,5	0,12	21,8	5,3	94,74
Рекултивирани почви, необработваеми	Bd 83-1 антр.	4,5	27,3	21,9	5,4	6,2	0,72	16,3	4,7	77,29
Антропогени почви, необработваеми	Bd 89-3 антр.	5,4	32,5	28,0	4,5	4,9	0,3	21,5	8,0	84,92
Антропогени почви, необработваеми	Bd 90-3 антр.	6,4	27,9	24,6	3,3	0,8	0	21,8	5,2	97,13
Антропогени почви, необработваеми	Bd 93-1	5,9	28,4	25,8	2,6	2,8	0,18	20,7	5,0	90,14
Алувиално-делувиални почви	Bd 100	7,6	25,0	-	-	0	0	24,0	1,0	100,00
Средна стойност		5,95	26,41	23,35	2,53	1,97	0,21	20,54	3,98	92,31

предвид, че това е посоката на преобладаващите ветрове, може да се смята, че протича аерозолно обогатяване на почвите с пепелни вещества. Тези вещества са слабо разтворими във вода (Tsolova, Marinova, 2005), но киселата реакция на почвите може да повиши тяхната разтворимост и да промени химичната среда.

Данните за собционния капацитет, който

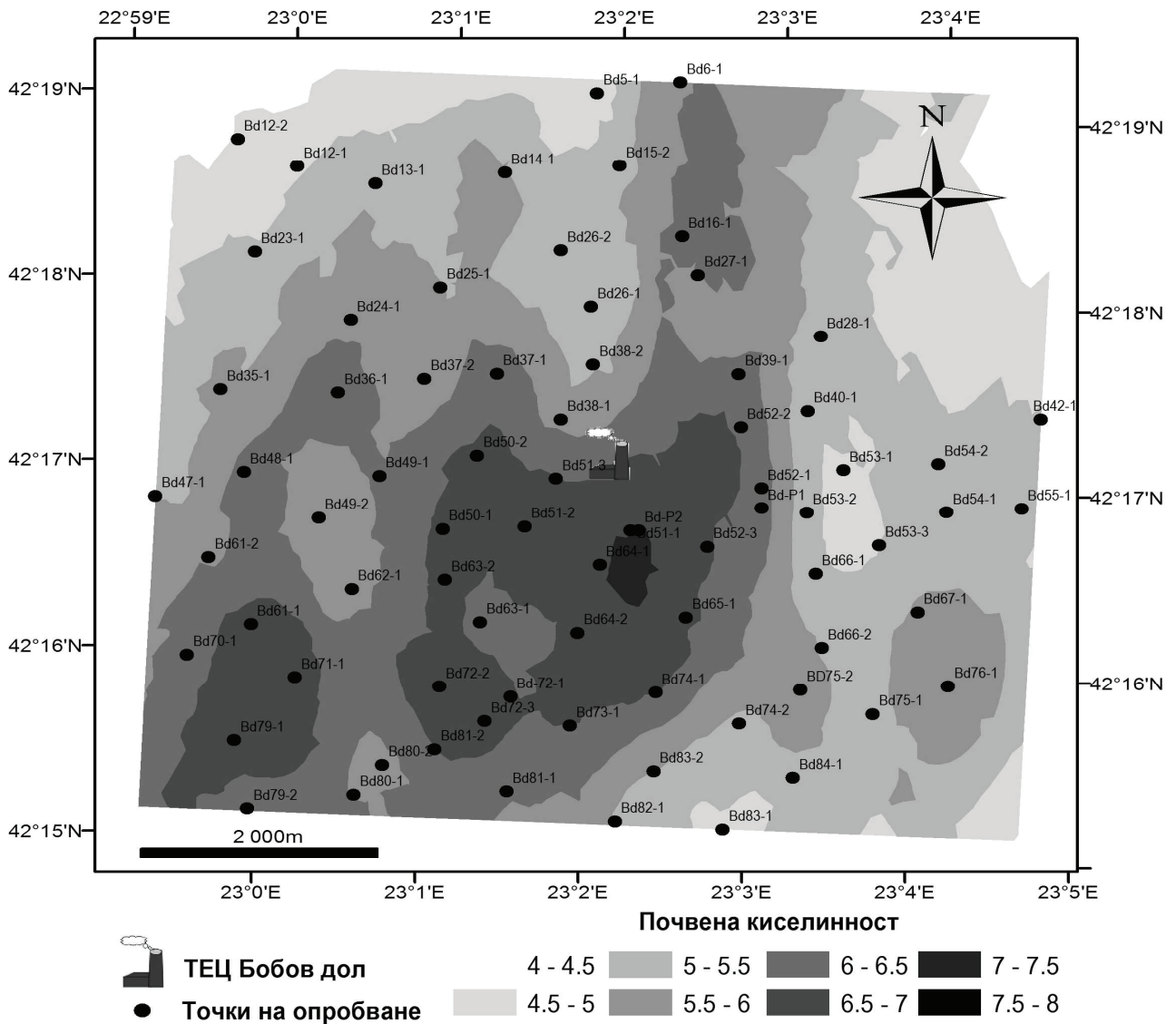
измерва общата сума на обменно адсорбираните катиони върху колоидните повърхности на почвата, също варират в един силно разтеглен интервал – от 13,3 до 47,8 cmol/kg. Според класификацията на Ганев (1990) тези стойности определят слабо до средно ниво на реактивоспособност на колоидите. По тази причина, почвите могат да акумулират малко хранителни елементи, а цикличността на

Таблица 2. Химични свойства на почвите на север от топлоцентрала
 Table 2. Soil chemical properties in north direction from the TPP "Bobov dol"

Почвен тип	Точка по GPS	pH в H ₂ O	T _{8,2}	T _{CA}	T _A	Обм. H _{8,2}	Обм. Al + H	Обм. Ca	Обм. Mg	Степен на наситеност с бази
Канелени горски почви, слабо излужени	Bd 12-1	4,8	29,5	26,0	3,5	3,7	0,3	22,7	3,3	87,46
Канелени горски почви, слабо излужени	Bd 14-1	6,3	38,5	35,1	3,4	2,1	0,0	30,5	6,1	94,55
Алувиално-делувиални почви	Bd 16-1	7,0	20,8	17,7	3,1	0,6	0,0	15,6	4,4	97,12
Канелени горски почви, средно ерозирани	Bd 25-1	5,2	30,4	27,1	3,3	3,5	0,12	21,9	5,1	88,49
Канелени горски почви, слабо излужени, смолноцовидни	Bd 26-1	4,9	28,6	24,7	3,9	4,3	0,24	19,7	4,5	84,97
Канелени горски почви, слабо оподзолени	Bd 36-1	7,3	38,5	-	-	0,0	0,0	35,2	3,3	100,00
Канелени горски почви, слабо излужени	Bd 38-1	4,9	31,8	27,0	4,8	5,3	0,48	19,2	7,1	83,33
Канелени горски почви, ерозирани	Bd 39-1	6,1	24,8	20,9	3,9	0,5	0,0	17,0	7,0	97,98
Канелени горски почви, слабо излужени, средно ерозирани	Bd 47-1	5,1	29,7	26,0	3,7	3,9	0,18	23,3	2,7	86,87
Канелени горски почви, слабо излужени, средно ерозирани	Bd 49-1	5,9	33,8	32,3	1,5	1,7	0,10	27,9	4,6	94,97
Канелени горски почви, слабо излужени, средно ерозирани	Bd 51-2	6,9	28,0	25,2	2,8	0,4	0,0	23,9	3,6	98,57
Канелени горски почви, слабо излужени, средно ерозирани	Bd 52-1	5,6	34,1	31,8	2,3	2,5	0,3	27,5	4,5	92,67
Канелени горски почви, слабо излужени, средно ерозирани	Bd 54-1	4,8	31,5	26,0	5,5	6,3	0,6	19,0	10,2	80,00
Средна стойност		5,75	30,77	26,65	3,48	2,68	0,18	23,34	5,11	91,31

веществата в почвената екосистема и извън нея, в биогеосистемите да се характеризира от процеси на миграция (износ) и по-слабо от процеси на биоусвояване. Най-ниски са стойностите в рекултивираното хвостохранилище на ТЕЦ „Бобов дол“ (Bd 70-2; Bd 72-2; Bd 75-1), което показва, че рекултивационният слой е изграден от леки по механичен състав материали с ниска сорбционна активност и висока буферност срещу вкисляване (pH > 7,0, V = 100%). На повърхността на този участък се открояват фини пепелни остатъци от горивния процес на ТЕЦ „Бобов дол“. Те могат да обуславят наблюдаваната почвена

алкалност, въпреки че рекултивацията на подобни обекти често включва създаването на екраниращи или мелиорирани рекултивационни слоеве с неутрална реакция на средата (Банов и кол., 2013). И при други четири точки се наблюдават сравнително ниски стойности на сорбционния капацитет – Bd 16-1, Bd 64-2, Bd 80-2, Bd 79-2. Според представената карта (фиг. 1) това са почви в близост до реки или до хвостохранилището на топлоцентрала, а общото между тях е ниското съдържание на активни глинести фракции, които имат земен (алувиални наноси) или промишлен (пепелни вещества) произход.



Фиг. 1. Разпределението на почвите по тяхната киселинна реакция (pH) в почвено-водна суспензия
 Fig. 1. Distribution of pH value in soil-water suspension

За останалите обработваеми участъци може да се каже, че стойностите на сорбционния капацитет са характерни за Канелените горски почви, преобладаващи в района на изследването (Ганев, 1990). Трябва да отбележим, че сорбционният капацитет е относително консервативна величина, трудно променящ се генетично устойчив показател, които не може да отрази моментално въздействията върху почвената екосистема.

Сорбционните свойства на почвите са показани в табл. 1 и 2. Пунктовете са подредени в зависимост от местоположението им спрямо теплоцентралата или съобразно Розата на вятъра. Тя показва, че преобладаващата

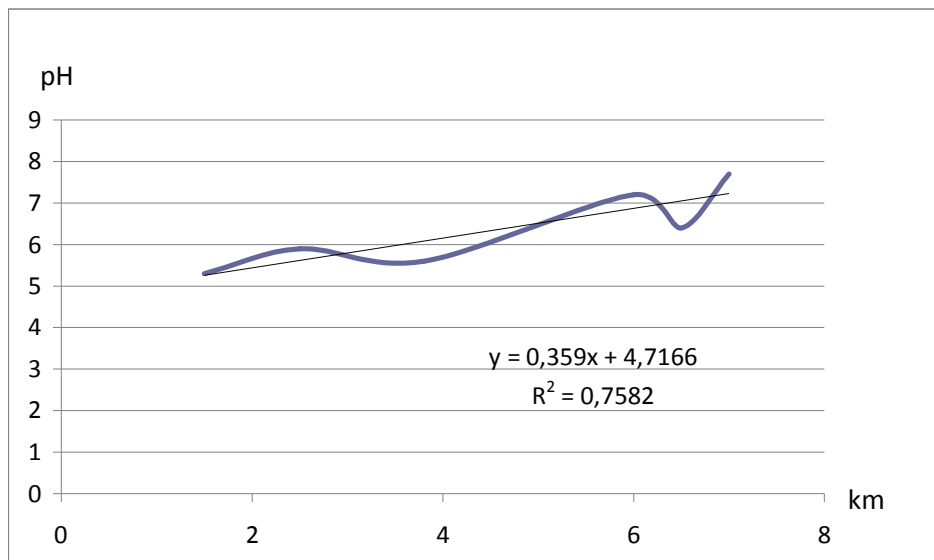
посока на вятъра е от север, североизток. С други думи негативното влияние на ТЕЦ „Бобов дол“ ще бъде върху земите на юг. Там много малка част от точките попадат върху целинни почви. Целият терен е повлиян от различните видове антропогенна дейност – селскостопанско използване и 38 години промишлена дейност на ТЕЦ. По тази причина изследванията в бъдеще ще се насочат към по-детайлно почвеновско обследване на тези терени.

Почвената киселинност (количеството на адсорбираните водородни, алуминиеви и други катиони с кисели функции, мярка за което е общата киселинност – $H_{8,2}$) може да се смята

характерна за района поради силното влияние на естествените процеси на излужване и оподзоляване на почвите. Към тях се причисляват и почвите на север от топлоцентралата и почвите, повлияни от антропогенна дейност в близост до населени места и тези, попадащи в насипище, изградено в миналото.

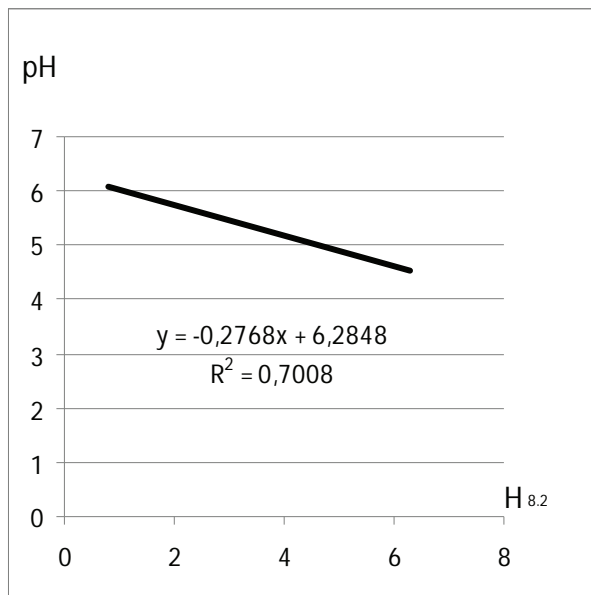
Стойностите на степента на наситеност с

бази ($V \geq 80\%$, която изразява в процент частта от общия катионообменен капацитет, заета от силно базични катиони) определят почвите като наситени според Българската класификация (Пенков и кол., 1992), но подсказват за намаляващата им буферна способност. Трендафилов (1992) определя показателят „степен на наситеност с бази“ като индикатор за



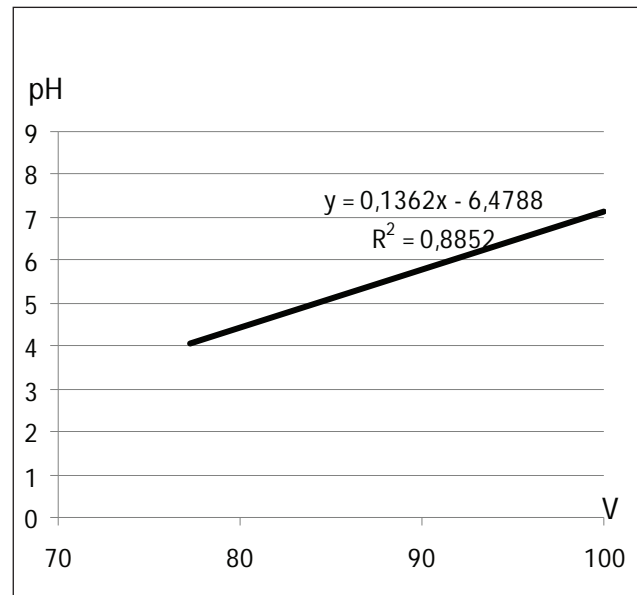
Фиг. 2. Зависимост между разстоянието на юг-югозапад от димоотвода и pH на изследваните почви

Fig. 2. Dependence between the distance and pH in south-southwest direction from TPP "Bobov dol"



Фиг. 3. Линейна зависимост между pH и общата киселинност

Fig. 3. Linear dependence between pH and soil acidity



Фиг. 4. Линейна зависимост между pH и степен на наситеност с бази

Fig. 4. Linear dependence between pH and base saturation

наличието на вредна (токсична) киселинност в почвите и предлага стойността $V \leq 93\%$ да се приеме като критичен минимум за нейното наличие. Според този критерий около 47% от изследваните почви (в южна и северна посока) могат да бъдат токсични за културните видове, които са взискателни към почвената среда.

Зависимостите между рН и общата киселинност $N_{8,2}$ и рН и степен на наситеност с бази са представени на фиг. 3 и 4. Корелационният коефициент и при двете зависимости е висок, което е основание получените данни от аналитичната работа да бъдат приети за достоверни, а също потвърждение на научния факт, че с увеличаване на рН на почвата намалява общата киселинност и нараства степента на наситеност с бази (Ганев, 1990).

Важно е да се отбележи и това, че изследването е извършено изключително върху земеделски почви, подложени на интензивна обработка. Изключение правят местата, които попадат под непосредственото влияние на ТЕЦ „Бобов дол“ и неговото хвостохранилище.

Според нас замърсяването с тецова пепел върху обработваеми почви не може да окаже

съществено значение върху добива и качеството на селскостопанската продукция. Също така трябва да се отчете и високата запасеност на пепелта с микроелементи, която неминуемо оказва влияние върху растителната продукция. Това обяснява използването на тецовата пепел като мелиорант (алкален регулатор и/или подобрител на механичния състав на субстрати) при тяхната рекултивация (Димитров и др., 2009; Златарева и др., 2008).

Безразборното внасяне на торове несъмнено е повлияло на представителността на показаните по-горе резултати, т. е. опробваният почвен слой е многократно повлияван от механична и химична обработка. Във връзка с качеството на растителната продукция според нас мерки за непосредствено опазване на почвите и растенията от запрашаване се налагат единствено около местонахождението на действащото хвостохранилище до с. Каменик. По данни на Меракчийска и др. (1985) не е препоръчително да се допуска отглеждането на листни зеленчуци в 2-километрова зона. В същия смисъл не е желателно създаването на овощни насаждения с мъхести плодове.

Изводи

Установява се, че не е настъпила съществена промяна в химичните свойства на орния слой на почвите от прилежащите до ТЕЦ „Бобов дол“ землища, независимо от системната дейност на предприятието и многогодишното отлагане на газова пепел. Пепелта неутрализира попадащите с дъждовете кисели аерозолни емисии на ТЕЦ „Бобов дол“, отделяни при изгарянето на въглищата (серни и азотни оксиди) и така регулира запазването на естествената почвена среда.

Негативното влияние на ТЕЦ „Бобов дол“ се наблюдава върху земите в южната част на равнината. Почвите са повлияни от различните видове антропогенна дейност като изграждане на хвостохранилища, рекултивиране на почви, селскостопанско използване и други дейности, свързани с 38 години промишлена дейност на топлоцентралата.

Изследваните почви притежават добри сорбционни свойства, характерни за Канелени горски почви. Изключение правят рекултивиранияте почви и хвостохранилища, които показват нисък сорбционен потенциал.

Литература

Банов, М., В. Цолова, Л. Тотев, П. Иванов. 2013. Ръководство за изследване и рекултивация на техногенни и увредени земи и почви, техническа ликвидация и консервация на минни обекти. (Ред. проф. д-р Т. Трифонова). С., 98 с.

Ганев, С. 1990. Съвременна почвена химия. *Наука и изкуство*, София, 367 с.

Ганев, С., А. Арсова. 1980. Методи за определяне на силно киселинния и слабо киселинния ка-

тионен обмен в почвата. *Почвознание и агрохимия*, XV, № 3, 22-33

Димитров, И., Е. Златарева, С. Маринова, С. Стратиева. 2009. Химична и агротехническа оценка на резултатите от употребата на отпадни материали от ТЕЦ. IX национална конференция с международно участие „Природни науки, 2009“ на Шуменския университет „Епископ Константин Преславски“.

Здравков, Ал., К. Русков, И. Никова, Б. Христов, Д. Петров, Д. Бакърджиев. 2012. Присъствие и разпределение на арсен в хумусния хоризонт от Бобовдолската котловина. Годишник МГУ, 55, 1, 30-38

Златарева, Е., Г. Петкова. 2008. Химична и микробиологична характеристика на почвени субстрати след тригодишна рекултивация. –В: Научни трудове. Седми международен симпозиум „Екология – устойчиво развитие“, Враца, 23 – 25. 10. 2008 г., с. 184-189

Меракчийска, М., С. Каменова, Х. Чулджиян. 1985. Влияние на замърсяването от топлоелектрическа централа върху някои физиологични процеси при тютюна и царевицата. *Физиология на растенията*, № 2, 66-71

Пенков, М., В. Донов, Т. Бояджиев, Т. Андонов, Н. Нинов, М. Йолевски, Г. Антонов, С. Генчева. 1992. Класификация и диагностика на почвите в България във връзка със земеразделянето. *Земиздат*, София, 151 с.

Трендафилов, К. 1992. Буферност на почвите в България против вредно кисляване. Дисертация. Аграрен университет, Пловдив.

Шумкова, А. 2006. Високоградиентна магнитна сепарация на пепели от ТЕЦ. Дисертация. ХТМУ, София, 231 с.

Helble, J. 1994. Trace element behavior during coal combustion: results of a laboratory study. *Fuel Processing Technology*, 39, 159-172

Helble, J. J., Sarofim, A. F. 1993. Trace Element Behavior during Coal Combustion. Preprints of papers – American chemical society division fuel chemistry, 38, 257.

Hristov, B., E. Filcheva, I. Nikova, A. Zdravkov, K. Ruskov, D. Petrov and D. Bakardzhiev. 2013. Fractional composition of organic matter in surface horizon of soils from “Bobov dol” valley. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19 (3), 485-489

Huang, Y., Jin, B., Zhong, Z., Xiao, R., Tang, Z., Ren, H. 2004. Occurrence and volatility of several trace elements in pulverized coal boiler. *Journal of Environmental Sciences*, 16, 242-246 (China)

Meij, R. 1994. Trace element behavior in coal-fired power plants. *Fuel Processing Technology*, 39, 199-217

Ratafia-Brown, J. 1994. Overview of trace element partitioning in flames and furnaces of utility coal-fired boilers. *Fuel Processing Technology*, 39, 139-157

Tsolova, V., S. Marinova. 2005. Agroecological Effectiveness of Organic and Industrial Wastes for Land Reclamation. *Journal of Balkan Ecology*, vol. 8, 3: 311-316

WRBSR. 2006. World Reference Base for Soil Resources. FAO pub., Rome, 132 p.

Благодарности.

Авторите изказват благодарност на Фонд „Научни изследвания“ към MOMH за финансирането на настоящото изследване по проект ДМУ 03/34.