

## Статистически анализ на някои почвени показатели при прилагане на противоерозионни технологии

Гергана Славова Кунчева

*Statistical analysis of some soil parameters in implementing anti-erosion technologies. Soil degradation is such damage of the soil, that destroys one or part of their functions. Extreme form of soil degradation is desertification. The need to develop sustainable agricultural systems requires protection of soil from the effects of degradation processes and preservation of soil functions. This work is a study on the changes of some soil quality indicators in order to apply them in the early diagnosis of the processes in it, under the influence of water erosion and implementation of anti-measures.*

### Въведение

Почвените деградационни процеси водна и ветрова ерозия, уплътняване, засоляване, замърсяване, алкализирание или киселяване, загуба на органично вещество и загуба на биоразнообразие, се нуждаят от ранен и своевременно мониторинг (Rajan, 2010), за да се проведат навременни мероприятия за запазване на почвените ресурси. Водната ерозия на почвата е деградационен процес, който има най-силно проявление не само в света, но и в България. Негативните последици от нея са загуба на почва, намаляване коренообитаемия слой, загуба на органично вещество, уплътняване, загуба на макро и микроелементи и в резултат на всичко това, намаляване на почвеното плодородие. За да се избегне деградацията на почвата, в резултат на действието на водната ерозия и своевременно да бъдат приложени мерки за преодоляването и, е необходимо навременно отчитане на негативните промени в качествените показатели на почвата. Тъй като почвата е многокомпонентна система, показателите за нейното качество са както физични, така и химични, биохимични, микробиологични и др.

В изследване на Rajan et al, 2010, при направен линеен дискриминантен анализ на изменението на 24 почвени показателя, е установено, че най-надежден индикатор за настъпили промени в почвата в резултат на протичане на водно-ерозионните процеси, е съдържанието на почвено органично вещество, следвано от показателите електропроводимост, количество на микроагрегатите, влагозапасеност, дехидрогеназна активност.

Целта на настоящата работа е да се определят кои са най-чувствителните показатели за промените в почвата, настъпили в резултат на действието на водната ерозия, при прилагане на различни системи за обработка на почвата и мерки за възстановяване.

### Изложение:

Опитът е проведен през периода 2012-2014 г., в опитното поле на Опитна станция по борба с ерозията към ИПАЗР „Никола Пушкиров“ в с. Тръстеник, обл. Русе, на почва карбонатен чернозем, при наклон на склона 5° (8,7%). От всички наблюдавани почвени показатели са подбрани 7: обемна плътност ( $\text{g/cm}^3$ ), твърдост ( $\text{kg/m}^2$ ), електропроводимост на почвен разтвор ( $\mu\text{S/cm}$ ), общ азот(%), органичен въглерод (хумус)(%), разтворими хумусни вещества (изолиран по метода на Кононова-Белчикова (%), общ брой хетеротрофни бактерии ( $\text{CFU} \cdot 10^6$ ).

За целта е проведен трифакторен анализ, в който за управляеми фактори са приети А – технология за отглеждане на земеделските култури; В - вид на отглежданите култури; С – фази на развитие на културата. Фактор А е изменен на четири нива a1-a4.

a1 – посев отглеждан по традиционна технология, прилагана по наклона на склона – контрола;

a2 – посев отглеждан по традиционна технология, прилагана напречно на наклона на склона;

а3 - посев отглеждан по противоерозионна технология с използване на повърхностно мулчиране с готов компост, напречно на наклона на склона;

а4 - посев отглеждан по технология за минимална обработка на почвата, включваща почвозащитната технологична операция вертикално мулчиране с готов компост.

Фактор В е изменен на две нива: В<sub>1</sub> - посев царевича; В<sub>2</sub> – посев пшеница; фактор С е изменен на три нива: с<sub>1</sub> – преди сеитба; с<sub>2</sub> – максимален растеж; с<sub>3</sub> – след прибиране на реколтата. По този начин броят на вариантите в експеримента е 4x2x3=24 варианта. Всеки вариант е реализиран с по две повторения. Резултатите от експеримента са дадени в табл.1.

При изменение на управляемите фактори на указаните нива, наблюдаваните почвени показатели варират в различни граници.

Тъй като те имат различни средни стойности и различни средно квадратични отклонения (дисперсии) считаме, че за определяне на влиянието на факторите върху изменението на показателите трябва да използваме коефициента на вариация, който е относителна мярка на варирането (разсейването). За целта данните от таблица 1 за седемте показателя са обработени с помощта на пакета STATISTICA 10 (модул описателни статистики). Получените резултати са дадени в табл.2.

Таблица 1

Опитни данни

№	Варианти на обработка	Култура	Фаза на развитие	Плътност, g/cm <sup>3</sup>	Твърдост, kg/m <sup>2</sup>	ЕС, μS/cm	N, %	C, %	Разтворим C,%	(МВ) Бр. хетеротрофни бактерии, CFU*10 <sup>6</sup>
1	a1	b1	c1	1,26	13,34	138,35	0,102	1,48	0,598	59,1
2	a1	b1	c2	1,3	32,82	169,25	0,11	1,66	0,486	25,21
3	a1	b1	c3	1,32	27,41	197,1	0,106	1,38	0,415	86,2
4	a2	b1	c1	1,26	13,34	139,05	0,107	1,48	0,605	104,6
5	a2	b1	c2	1,26	31,12	123,85	0,118	1,42	0,52	32,9
6	a2	b1	c3	1,27	24,52	184,95	0,107	1,42	0,455	205
7	a3	b1	c1	1,26	13,34	155,2	0,127	1,69	0,669	220,9
8	a3	b1	c2	1,24	29,57	125,7	0,12	1,55	0,525	72,2
9	a3	b1	c3	1,24	22,34	208,95	0,108	1,49	0,513	268,6
10	a4	b1	c1	1,15	10,57	169,25	0,13	1,66	0,875	276,5
11	a4	b1	c2	1,21	25,6	159,6	0,129	1,58	0,576	116,3
12	a4	b1	c3	1,2	21,25	211,5	0,116	1,51	0,54	348,4
13	a1	b1	c1	1,37	16,82	164,65	0,12	1,38	0,517	398,67
14	a1	b1	c2	1,48	34,06	92,85	0,13	1,38	0,342	275,15
15	a1	b1	c3	1,41	39,09	112,5	0,12	1,3	0,427	182,37
16	a2	b1	c1	1,37	16,82	181,8	0,12	1,42	0,531	290,62
17	a2	b1	c2	1,46	22,42	93,25	0,14	1,42	0,57	670,66
18	a2	b1	c3	1,37	32,5	126,1	0,12	1,36	0,485	634,57
19	a3	b1	c1	1,34	15,7	195,5	0,15	1,62	0,538	1344,74
20	a3	b1	c2	1,39	18,12	105,9	0,17	1,55	0,613	833,3
21	a3	b1	c3	1,32	29,21	217	0,14	1,36	0,514	1073,83
22	a4	b1	c1	1,31	14,56	237,5	0,16	1,55	0,617	728,58
23	a4	b1	c2	1,36	15,36	206,5	0,19	1,55	0,797	1391,84
24	a4	b1	c3	1,19	26,26	220	0,17	1,5	0,526	1678,88
25	a1	b2	c1	1,32	15,83	247,5	0,1	1,49	0,451	114,135
26	a1	b2	c2	1,42	30,69	171,4	0,13	1,38	0,582	638,99
27	a1	b2	c3	1,39	26,83	123,9	0,15	1,36	0,615	226,5
28	a2	b2	c1	1,27	14,7	250,5	0,13	1,49	0,471	160,9
29	a2	b2	c2	1,37	29,27	247	0,15	1,41	0,598	663,66
30	a2	b2	c3	1,34	25,9	135,45	0,15	1,37	0,619	656,69
31	a3	b2	c1	1,24	14,48	403	0,14	1,75	0,52	193,37
32	a3	b2	c2	1,22	23,35	289	0,16	1,72	0,661	1160,83
33	a3	b2	c3	1,34	23,61	222	0,15	1,69	0,652	1893,75
34	a4	b2	c1	1,2	13,65	350	0,14	1,84	0,614	347,55
35	a4	b2	c2	1,17	22,03	340	0,17	1,79	0,655	1024,8
36	a4	b2	c3	1,26	22,87	311	0,16	1,73	0,642	1952
37	a1	b2	c1	1,35	17,2	204	0,126	1,55	0,377	169,68
38	a1	b2	c2	1,44	31,43	113,2	0,147	1,37	0,65	48,59
39	a1	b2	c3	1,43	20,81	170,2	0,131	1,28	0,478	63,3
40	a2	b2	c1	1,32	15,72	203	0,145	1,55	0,361	364,77
41	a2	b2	c2	1,43	26,78	114	0,14	1,43	0,713	59,59
42	a2	b2	c3	1,39	18,63	174	0,131	1,3	0,489	66,71
43	a3	b2	c1	1,27	15,05	270	0,173	1,72	0,602	519,25
44	a3	b2	c2	1,37	17,75	167	0,164	1,66	0,859	140,87

45	a3	b2	c3	1,32	13,6	188	0,14	1,38	0,642	82,13
46	a4	b2	c1	1,24	14,61	288	0,16	1,7	0,714	945,36
47	a4	b2	c2	1,2	14,8	171,5	0,185	1,62	0,739	259,07
48	a4	b2	c3	1,25	12,15	220	0,169	1,44	0,684	137,29

Таблица 2.

Описателни статистически (характеристики)

	Бр.	Средно	Минимум	Максимум	Дисперсия	Ср. кв. отклонение	Коеф. на вариация
<b>плътност</b>	48	1,3102	1,15000	1,480	0,0	0,0823	6,2810
<b>твърдост</b>	48	21,4142	10,57000	39,090	50,8	7,1295	33,2936
<b>ЕС</b>	48	193,9573	92,85000	403,000	4789,0	69,2025	35,6792
<b>N</b>	48	0,1386	0,10000	0,190	0,0	0,0227	16,3815
<b>C</b>	48	1,5152	1,28000	1,840	0,0	0,1441	9,5124
<b>разтворим C</b>	48	0,5759	0,34200	0,875	0,0	0,1165	20,2295
<b>MB</b>	48	483,5189	25,21000	1952,000	257518,0	507,4624	104,9519

Вижда се, че най-голям коефициент на вариация 104,95 % има микробиологичната активност, т.е. този показател е най-чувствителен към процесите, свързани с действието на водна ерозия при изменение на споменатите противоерозионни технологии. Най-слабо чувствителен показател е показателят обемна плътност на почвата.

Чрез изучаване на корелацията между седемте почвени показателя и отчитане на коефициента на вариация, можем да изберем основния и най-силно вариращия показател, чрез който да се оценяват почвените промени. Корелацията между седемте показателя е изучена чрез пакета STATISTICA10. Резултатите са представени в табл.3.

Таблица 3.

Основни числени характеристики и коефициент на корелация между различните почвени показатели.

	плътност	твърдост	ЕС	N	C	разтворим C	MB
<b>плътност</b>	1	0,387	-0,538	-0,064	-0,625	-0,258	-0,100
<b>твърдост</b>	0,387	1	-0,386	-0,219	-0,428	-0,370	0,025
<b>ЕС</b>	-0,538	-0,386	1	0,289	0,643	0,091	0,353
<b>N</b>	-0,064	-0,219	0,289	1	0,373	0,560	0,554
<b>C</b>	-0,625	-0,428	0,643	0,373	1	0,410	0,347
<b>разтворим C</b>	-0,258	-0,370	0,091	0,560	0,410	1	0,225
<b>MB</b>	-0,100	0,025	0,353	0,554	0,347	0,225	1

От таблицата се вижда, че при равнище на значимост  $p=0,05$ , корелацията между микробиологичната активност (MB) и останалите показатели (без плътност и твърдост) е доказана. При това най-силна корелация (0,554) има между MB и общия органичен азот.

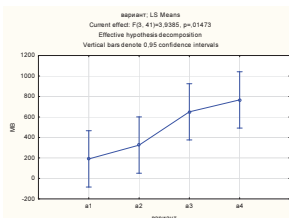
От изложеното дотук следва, че за най-чувствителен почвен показател за почвените изменения, можем да се използва показателя микробиологична активност.

Влиянието на управляемите фактори върху този показател изучаваме чрез многофакторен (трифакторен) дисперсионен анализ чрез модула ANOVA от пакета STATISTICA. Резултатите от този анализ са дадени в табл.4.

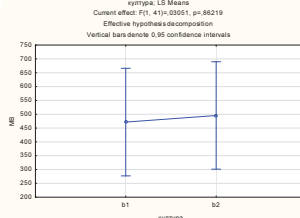
Таблица 4.

Резултати от дисперсионния анализ за показател микробиологична активност

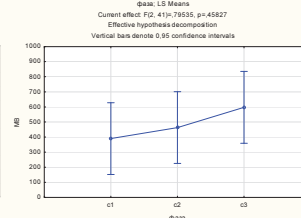
	SS	Степени на свобода	MS	F	p
<b>Вариант (A)</b>	2627020	3	875673	3,93847	0,014726
<b>Култура (B)</b>	6785	1	6785	0,03051	0,862188
<b>Фаза (C)</b>	353671	2	176836	0,79535	0,458267
<b>Грешка</b>	9115872	41	222338		



Фиг.1. Зависимост на микробиологичната активност на почвата (MB) от варианта на обработка,



Фиг.2. Зависимост на микробиологичната активност на почвата (MB) от вида на отглежданата култура.



Фиг.3. Зависимост на микробиологичната активност на почвата (MB) от фаза на развитие на културата.

От таблицата се вижда, че е доказано влиянието на фактора А (варианти на почвообработка), тъй като за него вероятността  $p$  е много по-малка от 0,05 ( $p=0,000508 < 0,05$ ). Графично това е показано на фиг.1.

От фиг.1, 2 и 3 се вижда, че най-благоприятна е технологията за минимална и нетрадиционна обработка на почвата, включваща вертикално мулчиране  $a_4$ , а най-неблагоприятно ниво е ниво  $a_1$  (традиционна технология, прилагана по наклона на склона).

### Съдържание на общ и разтворим органичен въглерод.

Показателите съдържание на общ и разтворим органичен въглерод са особено важни за мониторинг на деградационния процес загуба на почвено органично вещество.

Таблица 5

Резултати от дисперсионния анализ за разтворим органичен въглерод

	SS	Степени на свобода	MS	F	p
<b>Вариант (A)</b>	0,20742	3	0,06914	7,936	0,000275
<b>Култура (B)</b>	0,02679	1	0,02679	3,075	0,086963
<b>Фаза (C)</b>	0,04648	2	0,02324	2,668	0,081456
<b>Грешки</b>	0,35717	41	0,00871		

От таблица 5 се вижда, че върху показателя разтворим органичен въглерод, че върху този показател е доказано влиянието на всички фактори. Най-силно влияние има фактора А, тъй като за него вероятността  $p=0,000275$  е най-малка. На второ място е фактора В и най-слабо е влиянието на фактора С. Графично това е показано на фиг.4, 5 и 6. От фиг.4 се вижда, че най-благоприятното ниво е на А и  $a_4$ , а най-неблагоприятно  $a_1$ . От фиг.5 се вижда, че по-благоприятното ниво на В е  $v_2$ , а от фиг.6 се вижда, че най-високо е количеството на разтворим въглерод във фаза максимален растеж на културата.

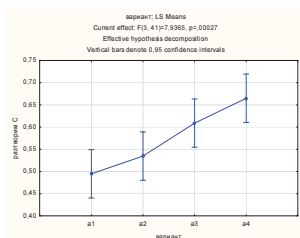
Коефициентът на вариране при резултатите за разтворим въглерод (изолиран по метода на Кононова-Белчикова) е по-висок в сравнение с коефициента на вариране на резултатите за съдържанието на органичен въглерод (табл.2).

При сравнение на резултатите от дисперсионните анализи на двата хумусни показателя (общ органичен въглерод и разтворим органичен въглерод) вероятностите, при които се доказват разликите между резултатите за почвен органичен въглерод, в зависимост от вариантите на обработка на почвата и фазите на отглеждане на културите, са много по-високи, отколкото при разтворимия въглерод (табл.5 и табл 6).

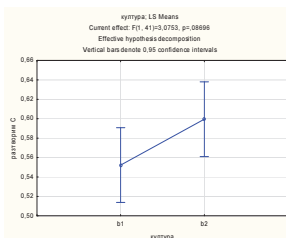
Таблица 6.

Дисперсионен анализ на количествата почвен органичен въглерод (%)

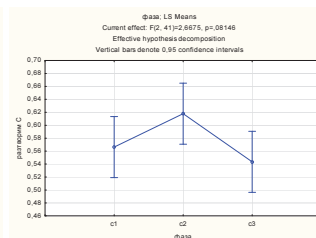
	SS	Степени на свобода	MS	F	p
Вариант (A)	0,4388	3	0,1463	19,93	0,000000
Култура (B)	0,0358	1	0,0358	4,87	0,032952
Фаза (C)	0,2010	2	0,1005	13,70	0,000028
Грешка	0,3009	41	0,0073		



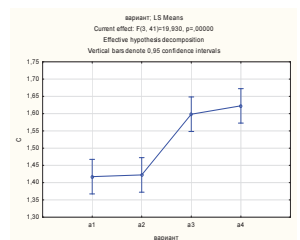
Фиг. 4. Зависимост на разтворимия въглерод (C%) на почвата от варианта на обработка.



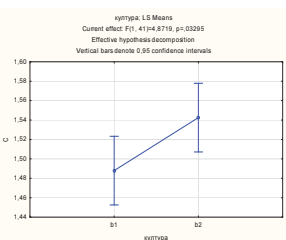
Фиг. 5. Зависимост на разтворимия въглерод (C%) на почвата от вида на отглежданата култура.



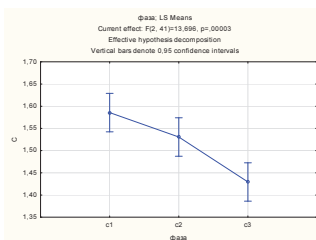
Фиг. 6. Зависимост на разтворимия въглерод (C%) от на почвата фаза на развитие на културата.



Фиг. 7. Зависимост на общия органичен (C%) на почвата от варианта на обработка.



Фиг. 8. Зависимост на общия органичен (C%) на почвата от вида на отглежданата култура.



Фиг. 9. Зависимост на общия органичен (C%) на почвата от фаза на развитие на културата.

Количествата екстрахиран въглерод (разтворим въглерод) са най-високи при варианта с прилагане на минимални обработки и вертикално мулчиране с готов компост. Най-високо е неговото количество във фаза максимален растеж и е по-високо измереното количество при отглеждане на пшеница, в сравнение с царевица. При анализите на количествата почвен органичен въглерод в зависимост от обработката и фазата на развитие на културата, може да се установи, че количеството му при обработки  $b_3$  (традиционни обработки напречно на наклона на склона и повърхностно мулчиране) и  $b_4$  (минимални обработки с вертикално мулчиране с компост) са най-големи, но разликите между обработки  $b_1$  и  $b_2$  (традиционни обработки, прилагани по и напречно на наклона на склона), както и между  $b_3$  и  $b_4$  (почвозащитни обработки) са минимални. Освен това количеството органичен въглерод намалява при фаза след прибиране на реколтата, което е свързано и с прилагането на органично вещество (компост) преди сеитба, т.е. добавянето на органичен въглерод в начална фаза.

От агрохимичните показатели в изследването е включен показателят електропроводимост на почвения разтвор, който се асоциира с количеството достъпни хранителни вещества в почвата.

Разликите в ЕС на почвения разтвор се доказват както между различните обработки на почвата, така и между отделните фази на развитие на културите.

Най-високи са стойностите на ЕС при прилагане на противоерозионната технология за минимална обработка на почвата с прилагане на вертикално мулчиране с компост за отглеждане на пшеница и царевица за зърно на наклонени терени. Има и вариране между фазите на развитие на културите (фиг. ).

От физичните показатели за качеството на почвата в изследването са включени обемна плътност и твърдост на почвата. Това са показатели, които са индикатори за ефективността на приложените минимални обработки, една от основните цели, на които е намаляването на броя преминавания на машините в полето. При показателя обемна плътност разликите в резултатите, получени за парцелите отглеждани с различни начини на обработка на почвата се доказват при много висока вероятност  $p=0.00054$ . Разликите в резултатите между различните фази не се доказват статистически. При показателят твърдост на почвата, разликите между отделните варианти на обработка на почвата са доказани при  $p=0,000479$ . Твърдостта на почвата се променя с фазите на развитие на културите, като това се доказва при много висока вероятност.

### **Заклучение:**

1. От резултатите получени от статистическите анализи на избраните физични, химични и микробиологични показатели за качеството на почвата, под влиянието на приложената система от противоерозионни обработки, най-силно варира микробиологичните показатели, следвани от показателя твърдост, електропроводимост и разтворим органичен въглерод. По-слабо варира резултатите, получени за обемна плътност, почвен органичен въглерод, общ азот. При най-висока вероятност се доказват разликите в почвените показатели, получени под влиянието на различните типове обработки на почвата, при почвен органичен въглерод, обемна плътност, следвани от разтворим въглерод, електропроводимост, твърдост и общ брой хетеротрофни бактерии.

2. Коефициентът на вариация на разтворимия въглерод е два пъти по-голям от същия на почвения органичен въглерод (респективно хумусно съдържание). Отчетените промени в хумусните показатели се дължат на действието на водно-ерозионния процес, както и на съчетанието на минимални обработки с внасяне на органично вещество (готов компост). От това следва, че концентрацията разтворимите хумусни вещества се променя много по-бързо от общите количества въглерод и могат да се използват като по-бърз индикатор.

3. Поради това, че микроорганизмите се размножават с много голяма скорост при подходящи условия на околната среда и тъй като микробиологичната активност корелира най-силно с количествата почвен органичен въглерод и общ азот, то показателя микробиологична активност, може да се използва като чувствителен индикатор за промените, които настъпват в почвата, под влияние на протичането на деградационни процеси (водна ерозия и загуба на органично вещество) и при прилагането на различни технологии за възстановяването и.

### **Литература**

[1] Белоев Х., П. Димитров. Технологии и машини за защита от деградация на земеделските земи в Република България. Известия на съюза на учените, том 7, Русе, 2015: 18-28, ISSN 1311-1086.

[2] Димитров И., Т. Митова, М. Борисова, К. Стойнев, Д. Николова, 2009. Екологични аспекти на съвременните системи за обработка на почвата в България., Международна конференция "Обработка на почвата и екология"- ISTRO, Албена, с.11-22.

[3] Димитров П., Г. Николова. Изследване на усъвършенствани системи за минимална и нетрадиционна обработка на почвата при отглеждане на царевица на

склонови земеделски земи. Научни трудове на РУ „А. Кънчев“, том 52, серия 1.1, Русе, 2013: 198-203.

[4] Димитров П., Г. Николова. Сравнително изследване на традиционно прилагани и на усъвършенствани почвозащитни технологии при отглеждане на пшеница на наклонени терени. Научни трудове на РУ „А. Кънчев“, том 53, серия 1.1, Русе, 2014: 65-71.

[5] Димитров П., Г. Кунчева. Почвозащитна ефективност на усъвършенстваната технология за минимална и нетрадиционна обработка на почвата при отглеждане на царевица за зърно на наклонени терени. Международна конференция „Почвата и агротехнологиите в променящия се свят“, София, 2015.

[6] Кунчева Г., П. Димитров. Влияние на усъвършенствани противоерозионни технологии върху някои физични свойства на почвата, хумусни показатели и микробиологична активност, при отглеждане на царевица на наклонени терени. Международна конференция „Почвата и агротехнологиите в променящия се свят“, София, 2015.

[7] Митков, А. Теория на експеримента. Дунавпрес, Русе, 2011.

[8] Русева С. 2006. *Деградация на почвите от земеделските земи.* - Дискусионен доклад по проект 00043507 “Изграждане на капацитет за устойчиво управление на земите в България”, София. <http://www.unccd-slm.org/files/LDAgrIBGSvetla%20Rousseva.pdf>

[9] Русева С. 2007. *Ерозия на почвата. Видове и фактори за проявлението ѝ. Индикатори за оценка на ерозията.* Лекция. Обучителен модул „Ерозия на почвата в земеделските земи. Проект 00043507 “Изграждане на капацитет за устойчиво управление на земите в България”, [http://www.unccd-slm.org/files/3-vodna\\_erozia1\\_SR.pdf](http://www.unccd-slm.org/files/3-vodna_erozia1_SR.pdf)

[10] Rajan, K., A. Natarajan, Soil organic carbon – the most reliable indicator for monitoring land degradation by soil erosion, Current science, vol. 99, N. 6, 2010

**Консултант:** проф. д-р Атанас Митков

**За контакти:**

Гергана Славова Кунчева, маг. биохимик-микробиолог, ИПАЗР „Н. Пушкин“, Лаборатория по почвени анализи и ерозионни изследвания, РУ „Ангел Кънчев“, [gkuncheva@uni-ruse.bg](mailto:gkuncheva@uni-ruse.bg), 082/888417

**Докладът е рецензиран.**