

**ОПРЕДЕЛЯНЕ МЪТНОСТТА НА ВОДАТА ВЪВ ВОДОХРАНИЛИЩА
ЧРЕЗ ИЗМЕРВАНЕ НА СПЕКТРАЛНИЯ КОЕФИЦИЕНТ
НА ОТРАЖЕНИЕ**

Д. Мишев, Х. Спиридонов, Г. Гергов, Л. Петкова, Е. Мишева

Изучаването на наносите, транспортирани от речните течения, е необходимо за успешното решаване на различни задачи, свързани със стопанското използване на водните ресурси, а също така и при проектирането на различни хидротехнически съоръжения. Например данните за количеството плаващи наноси в реките и водохранилищата са необходими при проучване и евентуално ограничаване развитието на процесите на затлачване във водохранилища, напоителни канали, водоземания за питейно и битово водоснабдяване. Данните за гранулометричния състав на транспортираните наносни материали представляват интерес за съвременното строителство с оглед проучването и разработването на речни кариери за добив на инертни материали от реките. Данните за наносите в количествен израз и тяхното пространствено-временно разпределение по реките са изходна база при проучване процесите на ерозия във водосборните басейни на водохранилищата.

Класическите методи за проучване предполагат регулярно вземане на проби за мътност в определени створове и тегловния им анализ в лабораторни условия. Възможностите на този метод за изучаване на площното разпределение на мътността във водохранилища и за получаване на данни за оперативни нужди при тяхната експлоатация са ограничени поради голямата трудност на процеса по набиране и обработване на пробите и свързаната с това голяма загуба на време.

Този факт възпрепятства вземането на оперативни решения за правилната експлоатация на язовирите по време на пролетно пълноводие или при преминаване на високи води, когато естествената мътност е висока. Забавянето на резултатите от лабораторната обработка на наносните проби не позволява да се вземат своевременни мерки за естествено промиване на наносните отложения във водохранилищата при настъпване на благоприятни природни условия за това.

Развитието на аерокосмическите методи за изследване на различни природни обекти предлага нови възможности за преодоляване на описаните трудности.

Настоящата работа има за цел да представи първите резултати от приложението на метода за определяне на спектралноотражателни характеристики на водни обекти и в частност на техния спектрален коефициент на отражение (СКО): Спектралният коефициент на отражение е отношението на монохроматичната яркост на обекта $B\lambda_\phi$, наблюдаван в дадено направление ϕ , и същата монохроматична яркост на идеалния отражател $B_0\lambda$ при еднакви условия на осветеност на обекта и отражателя. Изразено в проценти

$$r_\lambda = \frac{B\lambda_\phi}{B_0\lambda} \cdot 100.$$

Измерването на СКО е извършено с изработения в ЦЛКИ — БАН, полеви спектрометър ИСОХ — 020, предназначен за измерване на СКО на различни природни обекти в 20 интервала на видимия и близкия инфрачервен (402—802 нм) диапазон на електромагнитния спектър. За еталонен обект при провеждане на измерването е използван специално изработен екран, притежаващ равномерна спектрална отражателна характеристика в работния диапазон (95% $\pm 0,5\%$) и индикатриса на отражение, близка до тази на идеално дифузно отразяващо тяло.

СКО на водата е физическа величина, която силно се влияе от състоянието на водната повърхност, количеството, минералния и гранулометричния състав на носените от течението частици в повърхностния, т. нар. ефективен воден слой.

Проведеното от нас изследване има за цел да разкрие и определи зависимостта между СКО (r_λ %) и мътността (s г/м³) на водата. Аналогични изследвания са проведени от група съветски учени за някои язовири в СССР [2]. Използуван е хидрофотометър ИФТ — 19 с работен диапазон 400—720 нм.

За обект на изследване са избрани язовирите „Искър“, „Лобош“ и „Студен кладенец“ по следните съображения:

Язовир „Искър“ е най-голямото водохранилище в страната, което определя неговото национално значение. Високата степен на регулиране на речния отток, която се осъществява чрез него, предизвиква пълно отлагане на всички постъпващи в язовира наносни материали във вид на плаващи и дънни наноси. Благодарение на това е станало възможно използването на язовирните води за битово и промишлено водоснабдяване на селища и индустриални зони, разположени след язовира. Язовир „Лобош“ е специално изграден като утайник за влачените от р. Струма наноси от естествен и изкуствен произход. Постъпващите в опашката на язовира речни води транспортират голямо количество наноси, които бързо се утаяват в чашата на язовира. Неговата наносозадържаща способност е голяма, което е и обект на нашите изследвания.

Язовир „Студен кладенец“ в последните години показва тенденция към намаляване на полезния обем вследствие запълването му с наноси, които внасят постоянно притоците му или се явяват продукт на бреговата ерозия. В процеса на затлачване се изменят морфометричните характеристики на язовира, което в краен случай води до намаляване мощността на ВЕЦ. Едновременно с това се изменят хидроложкият режим на язовира и границите на заливните му площи.

В района на яз. „Искър“ е извършено спектрометриране на водата в следните 3 пункта:

- 1.1 — местността „Щъркелово гнездо“ — ляв бряг на язовира;
- 1.2 — р. Искър в опашката на язовира;
- 1.3 — полуострова срещу местността „Щъркелово гнездо“.

В района на яз. „Лобош“ е извършено спектрометриране в следните 4 пункта:

- 2.1 — р. Струма в опашката на язовира при с. Пчелинци;
- 2.2 — срещу гребната база — ляв бряг на язовира;
- 2.3 — при водомерния пост, 100 м от язовирната стена — ляв бряг на язовира;
- 2.4 — р. Струма непосредствено под язовирната стена.

В района на яз. „Студен кладенец“ е извършено спектрометриране на водата в следните 4 пункта:

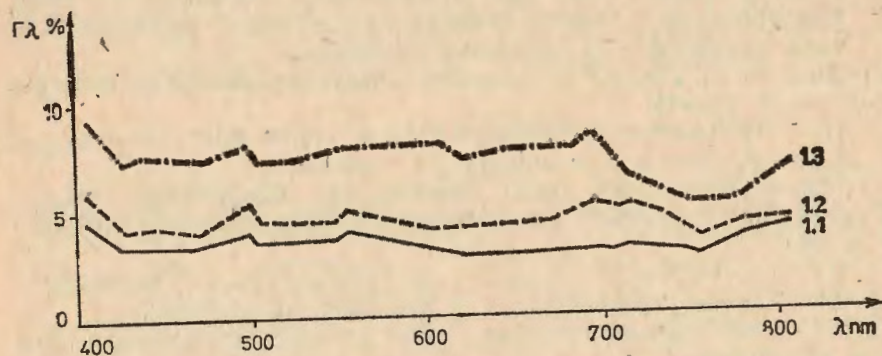
- 3.1 — при Завода за перлит — ляв бряг на язовира;
- 3.2 — между Завода за перлит и ОЦЗ — ляв бряг на язовира;
- 3.3 — при с. Широко поле — ляв бряг на язовира;
- 3.4 — срещу с. Широко поле — десен бряг на язовира.

СКО на водата в посочените водохранилища е определен с ИСОХ-020 в характерни точки по дължина на трите язовира. Паралелно с определянето на r_λ сме вземали проби от повърхностния воден слой за определяне на неговата мътност и гранулометричен състав на наносите със стандартен батометър-бутилка при спазване на съответните инструкции на ГУХМ—БАН.

Пространственото изменение на средногодишните стойности на мътността в створовете на хидрометричните станции в близост до водохранилищата през последните няколко години е представено на табл. 1. Данните в таблицата потвърждават голямата наносоуловителна способност на изследваните водохранилища, което е в подкрепа на техния избор.

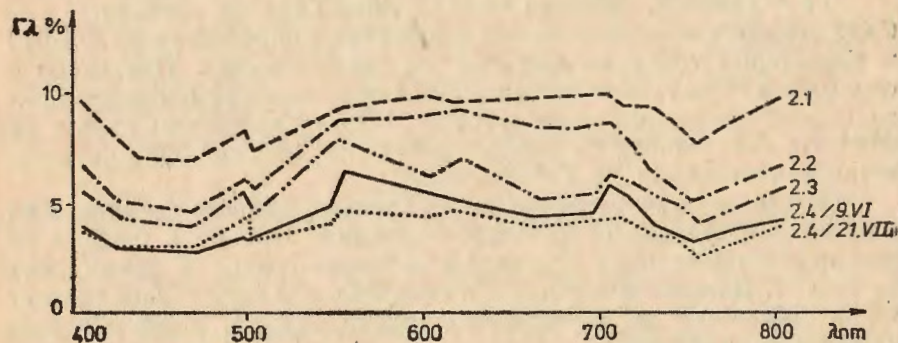
Установените мътност и гранулометричен състав на наносите в посочените пунктове по време на проведените от нас измервания са систематизирани в табл. 2. От приведените данни се констатира голямата мътност в опашката на язовирите и нейните по-ниски стойности по протежението им и особено след язовирната стена. Що се отнася до гранулометричния състав на наносите той е определен само на базата на проби, взети в опашката на язовирите, защото тяхното количество в десетлитрова проба, взета в другите пунктове, е недостатъчно за провеждането на такъв анализ.

Резултатите от измерването на СКО за цитираните водохранилища са представени в графичен вид на фиг. 1, фиг. 2, фиг. 3. Те представляват зависимостта $r_{\lambda} = f(\lambda)$ с трети параметър мътността S в повърхностния воден слой. На фиг. 4 са представени корелаци-



Фиг. 1. Криви на изменението на СКО на водата на яз. Искър в зависимост от λ при различна мътност

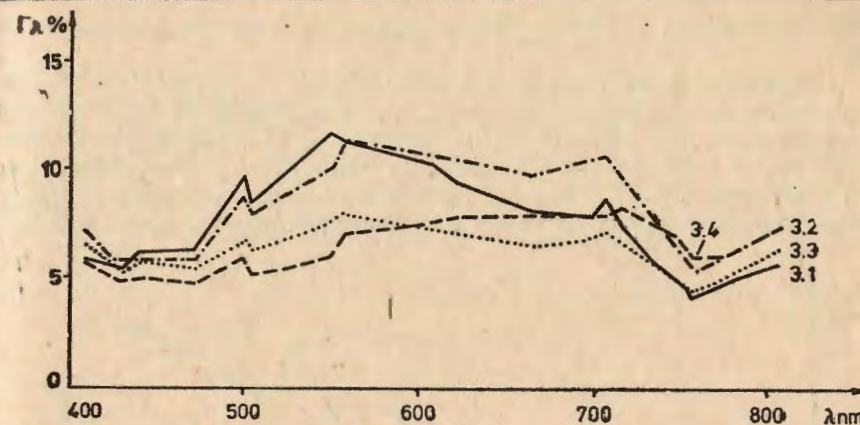
1.1 — местността „Щъркелово гнездо“ $S=6,4 \text{ г/м}^3$; 1.2 — р. Искър в опашката на язовира $S=13,1 \text{ г/м}^3$; 1.3 — полуострова срещу местността „Щъркелово гнездо“ $S=34,8 \text{ г/м}^3$.
Fig 1. Curves of the change of water SCR at Iskar dam depending on λ of different muddiness. S is measured in g/m^3



Фиг. 2. Криви на изменението на СКО на водата на яз. Лобош в зависимост от λ при различна мътност

2.1 — р. Струма при опашката на язовира при с. Пчелинци $S=91,3 \text{ г/м}^3$; 2.2 — срещу гребната база $S=33,6 \text{ г/м}^3$; 2.3 — при водомерния пост, 100 м от язовирната стена $S=43,0 \text{ г/м}^3$; 2.4 — р. Струма непосредствено под язовирната стена $S=21,9 \text{ г/м}^3$; $S=19,1 \text{ г/м}^3$

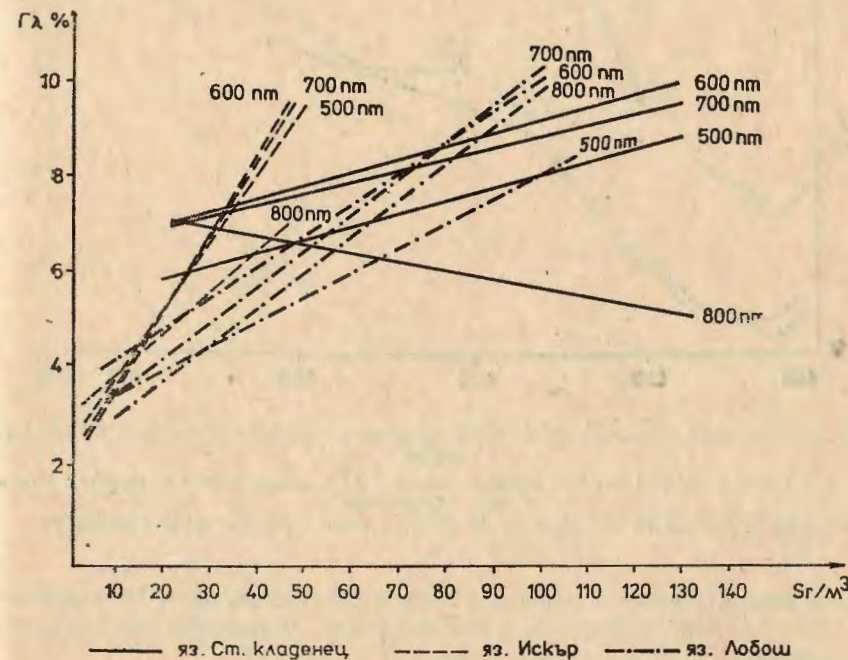
Fig 2. Curves of the change of water SCR in Lobosh dam depending on λ of different muddiness



Фиг. 3. Криви на изменението на СКО на водата на яз. Студен кладенец в зависимост от λ при различна мътност

3.1 — при Завода за перлит $S=131,9 \text{ г/м}^3$; 3.2 — между Завода за перлит и ОЦЗ $S=80,8 \text{ г/м}^3$; 3.3 — при с. Широко поле $S=34,9 \text{ г/м}^3$; 3.4 — срещу с. Широко поле $S=28,3 \text{ г/м}^3$

Fig 3. Curves of the change of water SCR in Stouden Kladenetz dam depending on λ of different muddiness

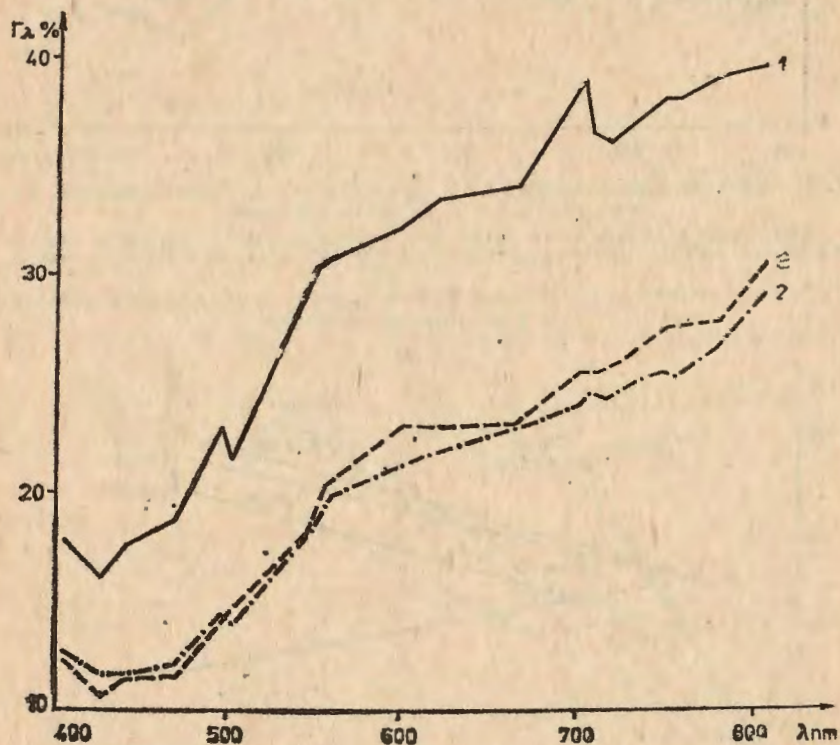


Фиг. 4. Корелационни зависимости между r_{λ} и S на водата на язовирите Студен кладенец, Искър и Лобош при различни λ

Fig 4. Correlations between r_{λ} and S of the waters in the dams Stouden Kladenetz, Iskar and Lobosh with different

онни зависимости $r_1 = f(s)$ с трети параметър λ за трите водохранилища.

Съпоставката на графичните зависимости на представените фигури показва, че стойностите на r_1 във всички канали закономерно се увеличават при нарастване на мътноста. И в трите случая при равни други условия се забелязва, че най-голямо е изменението на V в диапазона 550—720 нм. По тази причина този диапазон на електромагнитния спектър се явява най-информативен за провежданите



Фиг. 5. Криви на изменението на СКО на пясък с различен процент на овлажнение

1 — сух пясък с тегло 1 кг; 2 — пясъчна проба с 33% овлажнение; — пясъчна проба с 42% овлажнение

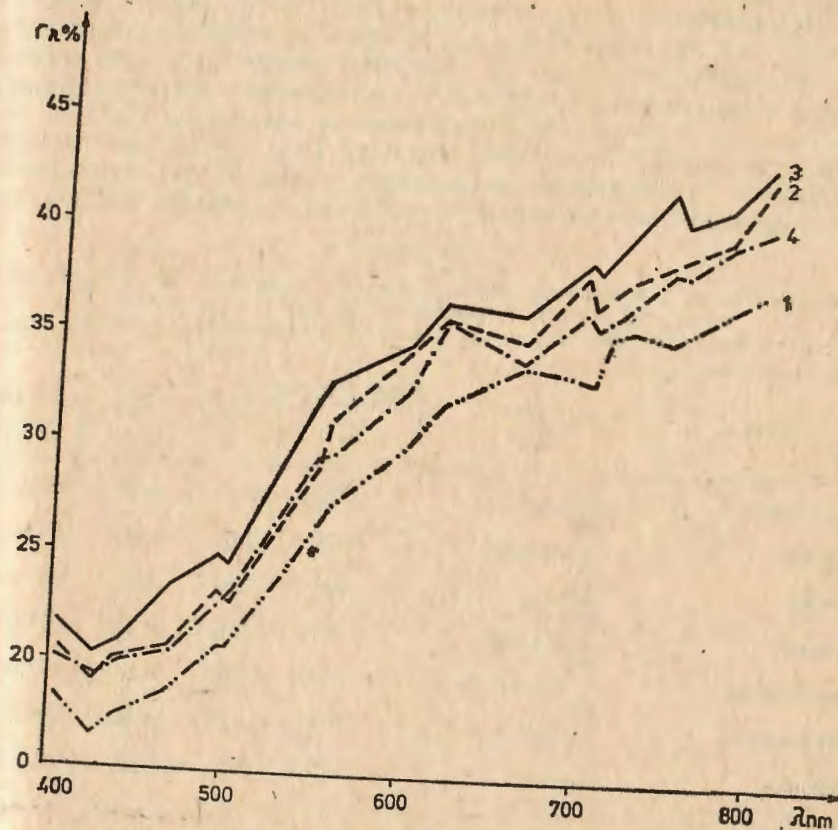
Fig 5. Curves of the changes of SCR of sand with variable humidity

изследвания. Бързото нарастване на стойностите на r_1 в диапазона 750—804 нм напомня закономерностите, установени за овлажнене почви.

Такъв експеримент беше проведен с предварително пресят пясък с диаметър 0,6—1,0 мм, който бе овлажнен на няколко етапа при едновременно спектрометриране, като получените криви са представени на фиг. 5.

1 — сух пясък с тегло 1 кг;
2 — пясъчна проба с 33% овлажнение;
3 — пясъчна проба с 42% овлажнение.

За определяне влиянието на гранулометричния състав на наносите, носени от водното течение в повърхностния слой на водохранилището, върху СКО проведехме измерване на предварително пресети речни пясъци в следните диапазони: 0,1—0,12 мм, 0,2—0,5 мм, 0,6—1,0 мм, 1,6—2,0 мм.



Фиг. 6. Криви на изменението на СКО на пясък с различни фракции

1—1,6—2,0 мм; 2—0,6—1,0 мм; 3—0,2—0,5 мм; 4—0,12—0,1 мм

Fig 6. Curves of the change of SCR of sand consisted of different fractions

Техните спектрални криви са представени на фиг. 6, като добре се очертава закономерното нарастване на r_{λ} с намаление на d от 2,0 мм (криви 1, 2, 3). С намаляване диаметра на частиците до стойност 0,1 мм стойностите на r_{λ} (крива 4) намаляват, като се отклоняват от общата закономерност. Този факт се дължи на промяната в структурата на повърхността от комбинирана в ортотропна, като последната е формирана от финозърнестата пясъчна фракция. По-нататъшните наши изследвания ще позволяват на базата на досегашните резултати да се прави извод не само за мътността, но и за гранулометричния състав на наносите в повърхностния воден слой на водохранилищата.

Представените дотук резултати имат за цел да се изпробва методът на СКО с ИСОХ-020 в условията на водохранилища, като се потвърждава наличието на зависимост между r_{λ} и s на водата, поради което считаме, че методът е перспективен и неговото внедряване ще даде възможност за съставяне на каталог на СКО на водата в зависимост от нейната мътност. Този каталог ще позволи набирането на информация за наносния режим на водохранилищата с помощта на аерокосмически средства за изследване на Земята.

Таблица 1

Пространствено изменение на средногодишните стойности на водното количество (Q м³/сек) и мътността (s г/м³) в створете на хидрометричните станции в близост до водохранилищата за даден период

Река	Х. м. станция №	Площ на водосборния басейн, км ²	Q (Тз) м ³ /сек	$\bar{s}(T)$ г/м ³	Период Т
Палакария	Рельово 226	275	2,35	0,53	1975/78
Струма	Ръждавица 201	2170	13,6	3,38	1975/78
Струма	Перник 94	281	2,62	3,67	1975/79
Конска	Темелково 441	373	1,43	0,73	1975/79
Треклянска	с. Враня стена 442	524	2,93	0,85	1975/78
Крумовица	Крумовград 311	498	7,32	4,80	1975/78
Върбица	Джебел 312	1150	16,2	11,2	1975/78

ЛИТЕРАТУРА

1. Мишев, Д., Дистанционни изследвания на Земята от Космоса, С., 1981.
2. Калъко, А., Изучение взвешенных наносов в водохранилищах методом спектральной яркости, Тр. ГГИ, 1972, вып. 191, с. 159—171.

Таблица 2

Мътност на водата в г/м³ и гранулометричен състав на наносите в мм в изследваните пунктове

Язовир	Пункт	Дата	Мътност, г/м ³	Процентно съдържание на фракции, мм									
				1,0—0,5	0,5—0,2	0,2—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	0,001		
„Искър“	1.1	20. 8. 81	6,4	30,7	0,1	2,1	1,6	11,8	17,8	35,6	0,3		
	1.2	—	13,1	—	—	—	—	—	—	—	—		
	1.3	—	34,8	17,2	3,5	2,0	1,9	14,7	6,6	16,4	37,7		
	2.1	—	91,3	—	—	7,5	6,2	39,3	13,8	9,0	24,4		
„Лобош“	2.2	28. 6. 81	33,6	—	—	—	—	—	—	—	—		
	2.3	9. 6. 81	43,0	—	—	—	—	—	—	—	—		
	2.4	21. 8. 81	19,1	—	—	—	—	—	—	—	—		
	2.4	9. 6. 81	21,9	—	—	—	—	—	—	—	—		
„Студен кладенец“	3.1	28. 8. 81	131,9	—	—	0,7	3,8	36,6	13,1	2,6	43,2		
	3.2	—	80,8	—	—	—	—	—	—	—	—		
	3.3	—	34,9	—	—	—	—	—	—	—	—		
	3.4	—	28,3	—	—	—	—	—	—	—	—		

DETERMINING OF THE MUDDYNESS OF RESERVOIR
WATERS THROUGH MEASURING THE SPECTRAL COEFFICIENT
OF REFLECTION (SCR)

D. Mishev, H. Spiridonov, G. Gergov, L. Petkova, E. Misheva

S u m m a r y

This paper presents investigations on changes of the spectral coefficient of reflection (SCR) of water in some bulgarian dams with different hydrologic regime and contents of floating dregs.

The ground spectrometric work was done with the specially made in CLKI-BAN spectrometer ISOH-20 in 20 intervals (402-802 nm) of the visible and the near infra-red range of the electromagnetic spectre.

It was established that the SCR of the water is higher when the muddyness is higher. On the bases of the respective correlations, optimally informative spectral intervals necessary for quantitative and qualitative analyse of aerocosmic data could be chosen.