

ГОДИШНИК НА СОФИЙСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“

ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ

Книга 2 – ГЕОГРАФИЯ

Том 113

ANNUAL OF SOFIA UNIVERSITY “ST. KLIMENT OHRIDSKI”

FACULTY DE GEOLOGIE ET GEOGRAPHIE

Livre 2 – GEOGRAPHIE

Volume 113

ОСОБЕНОСТИ В СЪДЪРЖАНИЕТО НА ТЕЖКИ МЕТАЛИ
В ДЪННИТЕ СЕДИМЕНТИ НА НЯКОИ ПРИТОЦИ
НА РЕКА ИСКЪР В СТАРА ПЛАНИНА
(РЕКА ИСКРЕЦКА И РЕКА БАТУЛИЙСКА)

ЗОРНИЦА ЧОЛАКОВА

*Катедра по ландшафтна екология и опазване на природната среда
e-mail: cholakova@gea.uni-sofia.bg*

*Zornitza Cholakova. PECULIARITIES OF HEAVY METAL CONTENT IN THE BOTTOM
SEDIMENTS OF SOME TRIBUTARIES OF THE ISKAR RIVER IN THE STARA PLANINA
MOUNTAIN (ISKRETSKA AND BATULIYSKA RIVERS)*

In landscape-geochemical terms, river and especially bottom sediments are means of transportation and a kind of “depot” for the accumulation of various mineral, organic or complex chemical compounds. The major environmental pollutants are part of these compounds. Therefore, testing, studying and analyzing the chemical composition of river sediments is a modern and reliable method for detecting changes in the landscape-geochemical environment and the risk of environmental pollution. The article aims to present the migration and concentration of eight heavy metals (Cu, Zn, Pb, Cd, Mn, Ni, Co, Cr) in bottom sediments of two of the larger tributaries of the Iskar River in the Stara Planina Mountain – Iskretska River and Batuliyska River. Technogenic influence on part of the Iskretska River basin has been established. Lead and nickel concentrations in the river sediments in the Svidnya village exceed all the indicators used in the analysis. Litho-geochemical influence on the composition of bottom sediments, especially for the manganese and nickel elements, has been found along the Batuliyska River.

Key words: bottom sediments, heavy metals, sub-aqual geochemical landscape, environmental pollution.

УВОД

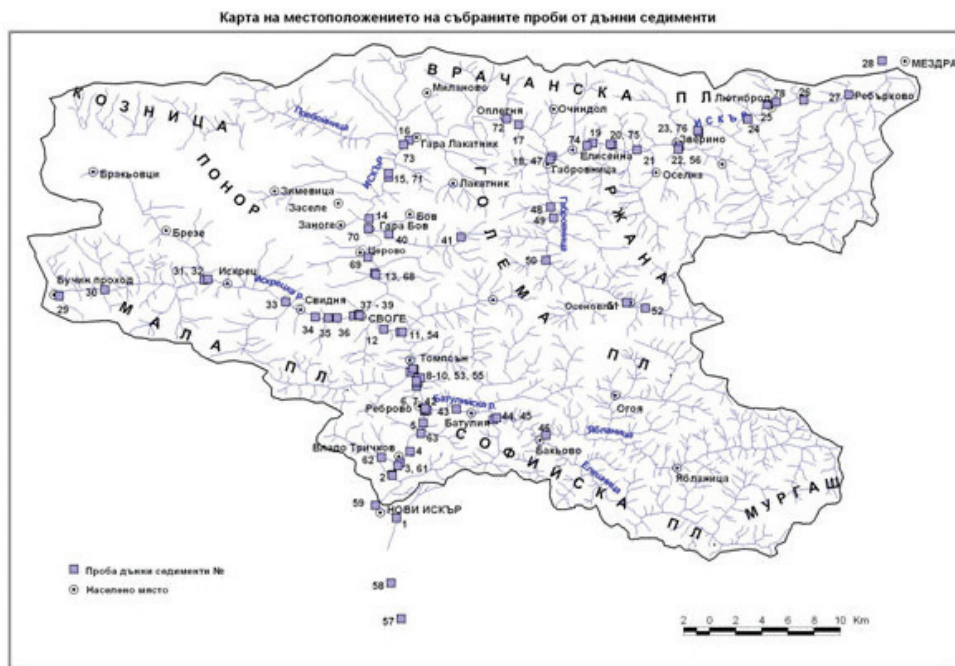
Дънните седименти са елемент от сложната система на субаквалните ландшафти, които имат подчиненото положение в ландшафтно-геохимичната структура на всяка територия по отношение на основните миграционни потоци на химичните елементи и техните съединения. Образуват се в резултат на механичната и химична седиментация на съдържащите се във водата частици в разтворено и неразтворено състояние, представляват естествена среда на акумулиране и на тежките метали. Различната миграционна способност на последните, която зависи от физикохимичните свойства на водата, води до значителни различия в степента им на натрупване в дънните седименти в даден участък от речното течение.

Дънните седименти (отложения) се образуват, когато хидродинамичният натиск на речното течение отслабне и частиците започват да се отлагат на дъното. Остават в състояние на покой различно време, което зависи от промяната в скоростта на течението и на вертикалните турбулентни пулсации в придънния слой. При подходящи условия могат да образуват алувиални отложения, в които се изгражда речното легло. Наносният състав е променлив по дължината на реката. Приточните реки нарушават последователността в отлагането на наноси в главните реки. Често те отлагат много по-едър материал веднага след вливането си и нарушават естественото намаляване на диаметъра на наносите надолу по течението. Изследователите са направили и изводите, че с увеличаване на водното количество наносите (дънни) отложения се уедряват (при еднакви други условия), което е свързано с по-високата транспортираща способност на течението. Дънните отложения намаляват размера си с намаляване на средния наклон на реката и с приближаване към устието те имат по-фина структура (Гергов и др. 1991).

В ландшафтно-геохимично отношение речните и най-вече дънните седименти се явяват средство и своеобразно „депо“ за транспортиране и/или акумулиране на различни минерални, органични или комплекси химични съединения. Главните замърсители в околната среда са част от тези съединения. Затова опробването, изучаването и анализирането на химичния състав на речните седименти е съвременен и надежден метод за установяване на промени в ландшафтно-геохимичната обстановка и риск от замърсяване на околната среда. Актуалността на тези изследвания се подсилва от нуждата от въвеждане на стандарти по отношение на концентрацията на замърсители в речните седименти и включването им в националната мониторингова система на околната среда. Тежките метали могат да представляват надеждни индикатори за оценка на антропогенното въздействие върху аквалните комплекси и степента на риск от замърсяване, особено в урбанизирани територии. Все още в страната в недостатъчна степен се използват методите и резултатите на подобен вид изследвания за разкриване на пространствената диференциация на различни по произход замърсители.

ОБЕКТ И МЕТОДОЛОГИЯ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Обект на изследване в настоящата статия са речните дънни седименти от два от големите притоци на р. Искър в Стара планина – р. Искрецка и р. Батулийска. Представените резултати са част от по-голямо изследване в рамките на басейна на р. Искър (фиг. 1), някои резултати от което са представени в предишни публикации на автора (Чолакова 2002; Cholakova 2005, 2006).



Фиг. 1. Местоположение на проби от дънни речни седименти в басейна на р. Искър в Стара планина

Fig. 1. Bottom sediment samples location in the Iskar River basin in Stara Planina Mountain

Целта е да се представи геохимичната миграция и диференциация на 8 химични елемента тежки метали (Cu, Zn, Pb, Cd, Mn, Ni, Co, Cr) в дънните седименти, както и да се разкрият основните геохимични асоциации на водещите елементи в замърсените и относително по-слабо засегнатите от техногенно влияние участъци от речните басейни.

Пробите са събрани от периферната брегова зона на речното легло по протежение на течението. От методична гледна точка е по-добре пробонабирането да бъде провеждано през периода на маловодие, когато преобладават процесите на седиментация и когато минерализацията на речните води е по-голяма. За установяване на техногенното влияние на всеки източник – населени места, промишлени обекти и др., пробовземането е извършено на

места, разположени в непосредствена близост преди и след самите източници, както и преди и след вливането на основните притоци. Дълбочината на вземане на пробите е 0–20 cm в приповърхностния хоризонт на дънните отложения, където е доказано, че стойностите на концентрацията на тежки метали са най-представителни. От събраните проби е отделена и използвана за анализ глинесто-алевритовата фракция (с големина $< 0,1$ mm). Чрез атомна абсорбция е определено общото съдържание на тежките метали Cu, Zn, Pb, Cd, Mn, Ni, Co и Cr в mg/kg. Определена е стойността на pH на всяка проба, което има голямо значение за миграцията и концентрацията на тежките метали.

Химичните анализи са извършени в Лабораторията по атомно-абсорбционен анализ при ГГФ на СУ „Св. Климент Охридски“.

До момента в законодателството в областта на околната среда в България, както и в Европейския съюз няма въведени единни нормирани стойности за неорганични и органични замърсители на седименти. В настоящата статия се използват тези, утвърдени от Агенцията за защита на околната среда в САЩ (US EPA), които вече са прилагани и при други изследвания на речни басейни на територията на България от Bird et al. 2010; Тодоров и др. 2013; Чолакова, Аветисян 2014; Тодоров и др. 2014; Чолакова, Пенин 2016 и др. Поради липса на норми за елемента манган в тях се използват тези, определени за оценка на качеството на седиментите в провинция Онтарио, Канада (Guidelines..., 2008). За елемента кобалт засега няма определени стандарти.

Нормативите на US EPA (MacDonald, Ingersoll 2002) определят две нива за качеството на седиментите – прагови концентрации (Threshold Effect Concentrations, TEC) и значими (с вероятен вреден ефект) концентрации (Probable Effect Concentrations, PEC), върху биологичното състояние на речната система. Подобна двустепенна скала за контролиране на качеството на седиментите е приета от властите на канадската провинция Онтарио, която съдържа норми и за манган и желязо.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Предишни изследвания на съдържанието на елементите тежки метали в дънните седименти на главната река Искър (Чолакова 2002) показват, че основната асоциация от замърсяващи аквалния комплекс елементи включва Cd, Pb, Zn, Cu. Басейнът се отличава със средна до висока степен на антропогенно натоварване и не могат да бъдат отделени изцяло фонове участъци по течението на главната река. Дънните седименти в поречието на р. Искър след бившето металургичното предприятие на гара „Елисейна“ са с изключително високи концентрации на мед, цинк, олово, кадмий и манган, които надвишават значимите, с вероятен вреден ефект, прагови стойности (PEC) на Агенцията за опазване на околната среда на САЩ и средните стойности за дънни седименти в техно-

генните райони на България (табл. 1). Литохимичната аномалия на манган се открива в седиментите на р. Искър в отделни участъци от поречието.

Таблица 1

Table 1

Средно съдържание (mg/kg) на тежки метали в дънните седименти на реките от басейна на р. Искър в Стара планина, в дънните седименти на фоновите и техногенните райони на България, в речните седименти и седиментите от заливните тераси в Европа, праговете и значимите концентрации

Average content (mg/kg) of heavy metals in the bottom sediments of the rivers from the Iskar River basin in the Stara Planina Mountain, in the bottom sediments of the background and technogenic regions of Bulgaria, in the river sediments and sediments from the floodplains in Europe, threshold and significant concentration

	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mn	Cd
Средно съдържание (медиана) – басейн р. Искър	111	380,5	68,5	59	31,5	13,5	762,5	6
Дънни отложения от фонові райони в България (Пенин 2003)	45	94	25	64	28	17	777	1
Дънни отложения от техногенни райони в България (Пенин 2003)	217	155	102	74	35	37	972	1,9
Седименти от реките на Европа (медиана), Salminen (Chief-Ed.) et al. 2005	14	71	20,5	63	21	8	790	0,28
Прагови концентрации (ТЕС), MacDonald, Ingersoll (2002)	31,6	121	35,8	43,4	22,7	–	460*	0,99
Значими концентрации (РЕС), MacDonald, Ingersoll (2002)	149	459	128	111	48,6	–	1100*	4,98

* стойности на провинция Онтарио, Канада (Guidelines..., 2008)

* regulatory values used in Ontario, Canada (Guidelines..., 2008)

На този фон са направени проучвания за съдържанието на тежките метали Cu, Zn, Pb, Cd, Mn, Ni, Co, Cr в дънните седименти на някои от по-големите притоци на р. Искър в нейния старопланински басейн. Обект на настоящата статия са два от най-големите от тях – р. Искрецка и р. Батулийска.

Поречие Искрецка река

В 10 пункта са опробвани седиментите на р. Искрецка – най-големия лев приток на р. Искър в Стара планина. Те са разположени последователно по течението на реката от с. Бучин проход до гр. Своге (табл. 2).

Местоположение, съдържание на тежки метали (mg/kg) и стойност на рН на проби от дънни седименти от поречието на р. Искрецка

Location, content of heavy metals (mg/kg) and pH value of bottom sediment samples from the Iskretska River

№	Местоположение	pH	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mn	Cd
1 (29)	Р. Искрецка, с. Бучин проход, в близост до шосейния мост	7,76	113	206	49	29	18	7	607	<1
2 (30)	Р. Искрецка, мах. Завидовци	7,95	23	173	24	47	21	6	300	<1
3 (31)	Р. Искрецка, началото на с. Искрец, преди вливането на р. Брезенска	7,84	26	97	17	45	35	10	275	<1
4 (32)	Р. Искрецка, началото на с. Искрец, след вливането на р. Брезенска	8,04	21	125	111	37	25	7	281	<1
5 (33)	Р. Искрецка, между с. Искрец и с. Свидня, преди завод за металокерамика	8,09	28	147	42	45	28	11	311	<1
6 (34)	Р. Искрецка, с. Свидня, преди завод за картонени опаковки	8,18	46	122	38	110	31	13	917	<1
7 (35)	Р. Искрецка, преди завод „Крафт Якобс Сушард“ (сега „Монделез“)	7,92	49	265	690	94	47	20	818	<1
8 (36)	Р. Искрецка, след завод „Крафт Якобс Сушард“ (сега „Монделез“)	8,11	40	120	30	69	53	11	515	<1
9 (37)	Р. Искрецка, началото на гр. Своге, 200 m след ХМСг	8,07	40	134	34	68	45	12	562	<1
10 (38)	Р. Искрецка, гр. Своге, под жп моста, преди устието	7,31	54	204	36	67	32	9	335	<1

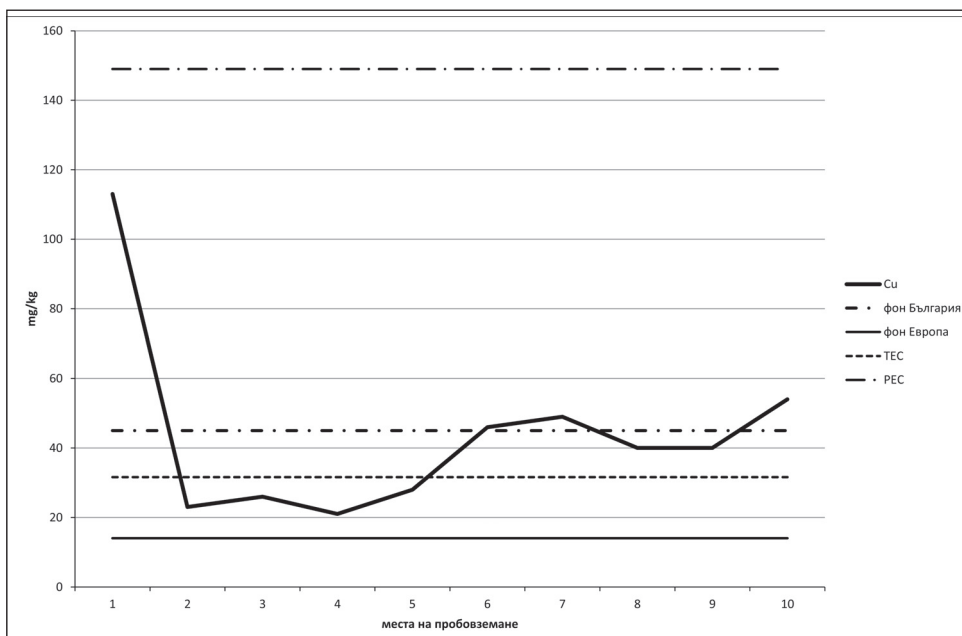
Заб.: числата в скоби отговарят на № на пробите на фиг. 1

Note: the numbers in brackets correspond to the sample number of fig. 1

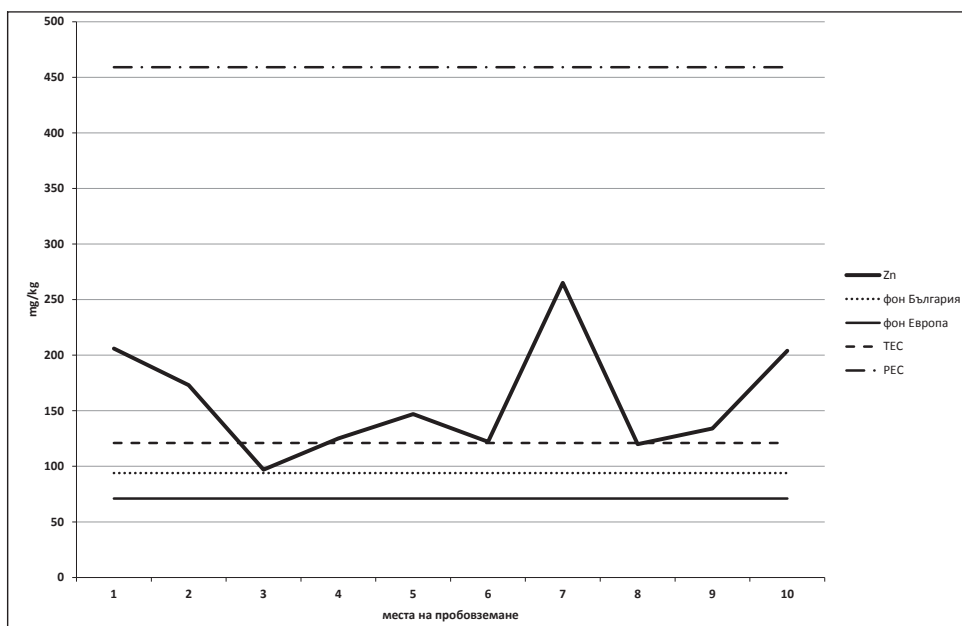
На следващите графики (фиг. 2–8) е показана динамиката в концентрациите на изследваните елементи тежки метали.

Медта е с концентрации под значимите и с вероятен вреден ефект (РЕС). Над средните стойности за фона на седиментите в България се открояват 4 пункта – при Бучин проход (пункт № 1), в с. Свидня (№ 6), преди завода за шоколадови изделия на фирма „Монделез“ (№ 7) и в гр. Своге, преди устието (№ 10). Всички пунктове са далеч под средната стойност за дънни отложения от техногенни райони в България (217 mg/kg). Изцяло фоново е разпределението на този елемент в седиментите на реката.

Всички пунктове са далеч под значимите и с вреден ефект концентрации (РЕС) по отношение на **цинка** (фиг. 3). С изключение на пункт № 3, останалите са с по-високи съдържания на цинк, които са над фона за България и всички без изключение – над фона на европейските реки. С най-висока концентрация изпъква пункт № 7 (265 mg/kg). Тази стойност е 1,7 пъти по-висока от средните съдържания в дънните седименти от техногенните райони на



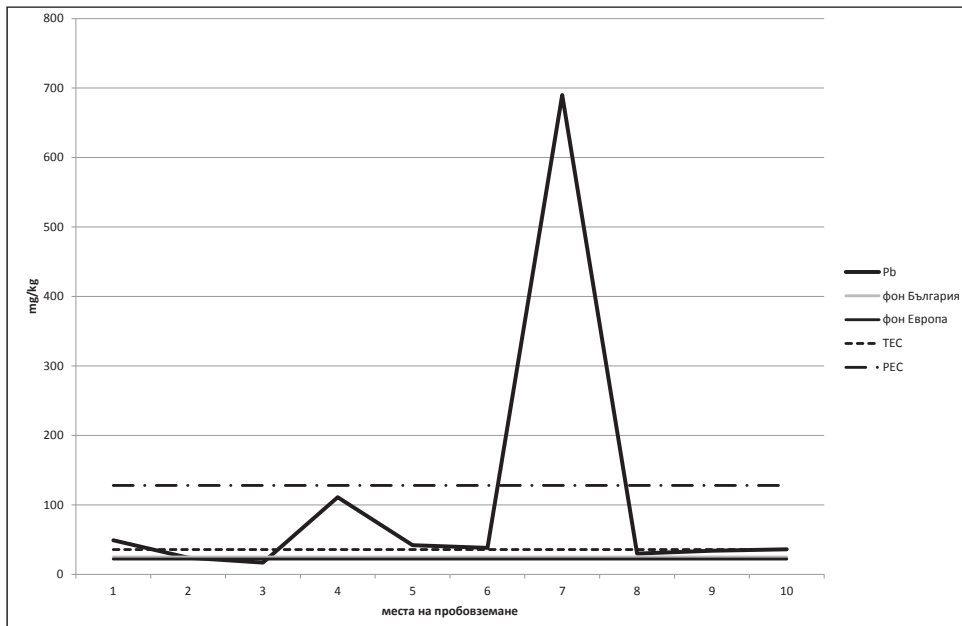
Фиг. 2. Съдържание на мед (mg/kg) в дънните седименти по течението на р. Искрецка
 Fig. 2. Copper content (mg/kg) in bottom sediments along the Iskretka River



Фиг. 3. Съдържание на цинк (mg/kg) в дънните седименти по течението на р. Искрецка
 Fig. 3. Zinc content (mg/kg) in bottom sediments along the Iskretka River

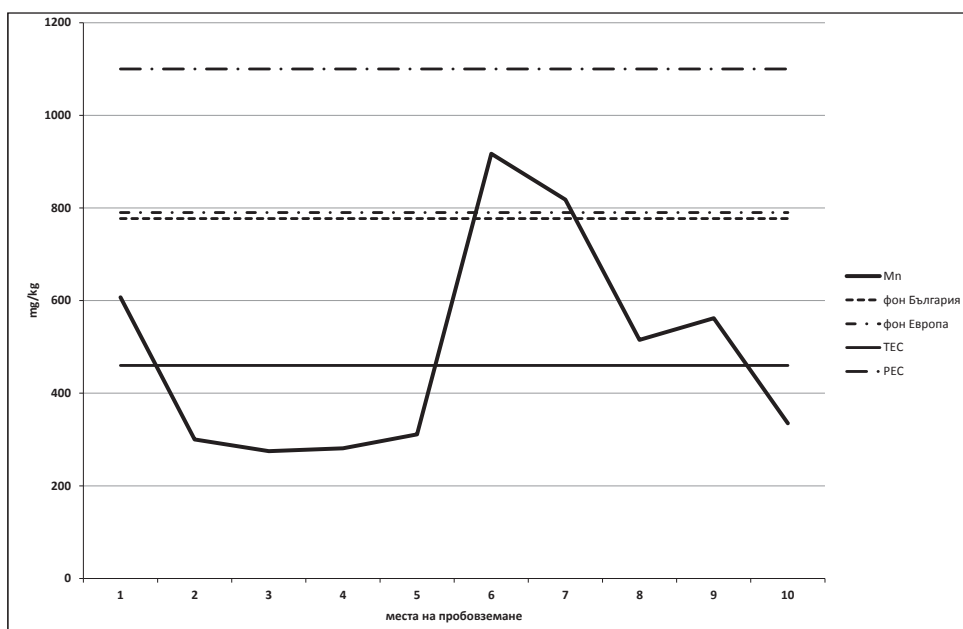
страната (155 mg/kg). С по-високи концентрации от средните съдържания за техногенни седименти са и пунктове № 1, 2 и 10, с $K_c = 1,3$; 1,1 и 1,3. Във водосборния басейн на р. Искрецка съществува положителна литохимична аномалия на цинк в границите 80–140 mg/kg (Панайотов и др. 1990). Възможно е това да е една от причините за по-високите концентрации като цяло, към която се добавя и антропогенно въздействие.

Съдържанието на **олово** в седиментите на р. Искрецка варира от 24 до 690 mg/kg. В почти всички пунктове съдържанията са около и малко над фоните за България и Европа, с изключение на два от тях – № 4 и 7 (фиг. 4). Река Искрецка след вливането на р. Брезенска (пункт № 4) акумулира по-голямо количество олово в седиментите си – 111 mg/kg, което доближава, без да надхвърля значимите концентрации (РЕС – 128 mg/kg). Тази концентрация е малко над средната стойност за седименти от техногенните райони на България – $K_c = 1,08$. За трети път в този анализ се разглежда пункт № 7, разположен между с. Свидня и завода за шоколадови изделия на фирма „Монделез“, който е с изключително високо съдържание на олово – 690 mg/kg. Тази стойност превишава 5,3 пъти РЕС и 6,7 пъти средните съдържания в седиментите от техногенните райони на страната. Очевидно е антропогенното влияние върху тази концентрация, която рязко се отличава от останалите. Пробата е взета след фабриката за картонени опаковки в с. Свидня и нейното въздействие върху седиментите е твърде вероятно.



Фиг. 4. Съдържание на олово (mg/kg) в дънните седименти по течението на р. Искрецка
 Fig. 4. Lead content (mg/kg) in bottom sediments along the Iskretzka River

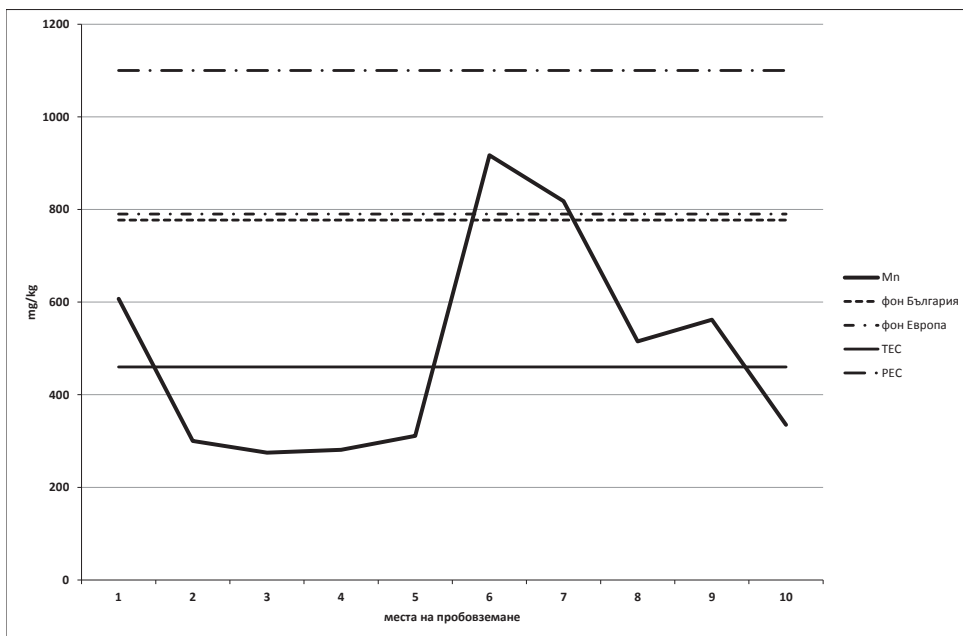
В половината от пунктовете съдържанието на **манган** (фиг. 5) е значително по-ниско от средните фонове стойности в България и в Европа, както и от праговете концентрации за седименти (ТЕС). Стойностите му варират от 285 до 818 mg/kg. Над фона са стойностите в пунктове в с. Свидня (№ 6) и между фабриката за картонени опаковки в с. Свидня и завода за шоколадови изделия (№ 7). Но те са далеч от значимите и с вероятен вреден ефект концентрации (РЕС). Съпоставени със средните съдържания на манган в седиментите от техногенните райони в страната (972 mg/kg, табл. 1), също остават по-ниски. Може да се заключи, че има фонова миграция на манган в поречието на р. Искрецка.



Фиг. 5. Съдържание на манган (mg/kg) в дънните седименти по течението на р. Искрецка

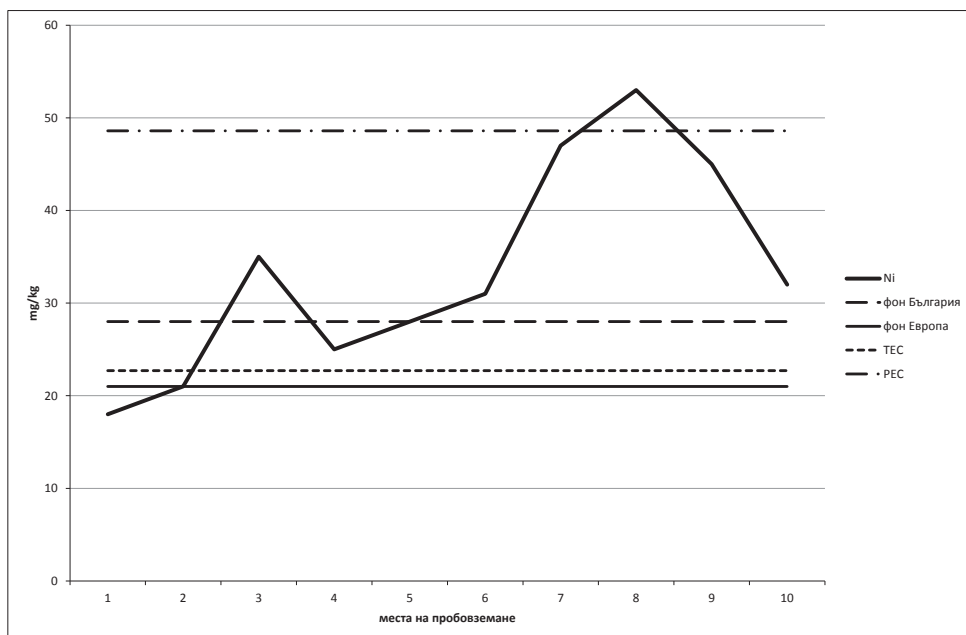
Fig. 5. Manganese content (mg/kg) in bottom sediments along the Iskretzka River

Съдържанието на **хром** в седиментите на р. Искрецка варира от 29 до 110 mg/kg. В два пункта това съдържание е по-високо от фона за седиментите в България – № 6 и 7 (фиг. 6). В пункт № 6, разположен по течението на реката в с. Свидня, след завода за металокерамични изделия и преди фабриката за картонени опаковки, е отложен хром с концентрация, близка до РЕС – 110 mg/kg. Тази стойност е 1,5 пъти по-висока от средната стойност за седиментите от техногенните поречия в страната (74 mg/kg, табл. 4.2). Концентрацията при пункт № 7 е 69 mg/kg и няма превишение на средната техногенна стойност.



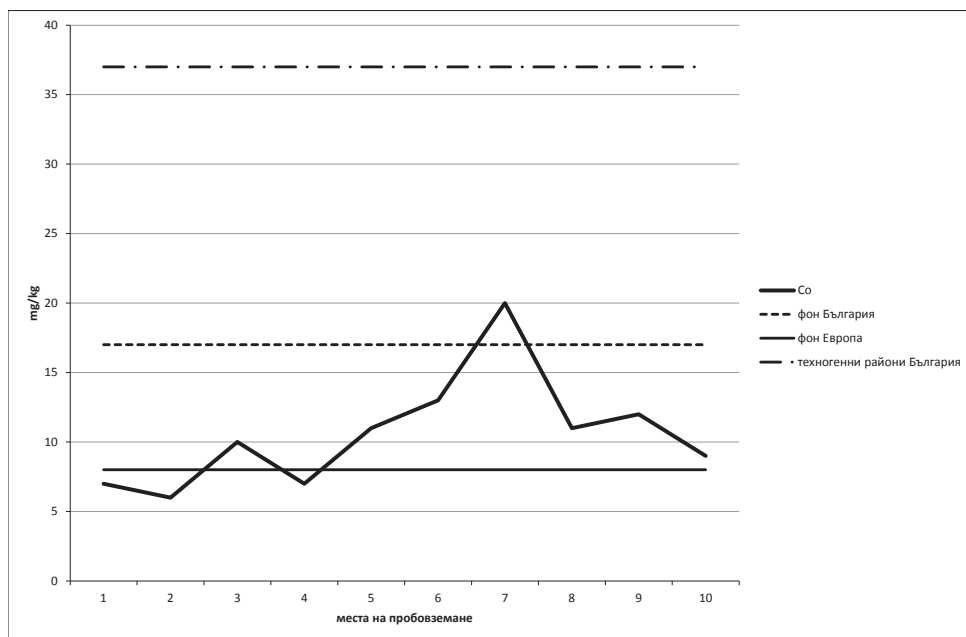
Фиг. 6. Съдържание на хром (mg/kg) в дънните седименти по течението на р. Искрецка
 Fig. 6. Chromium content (mg/kg) in bottom sediments along the Iskretska River

Съдържанието на **никел** в дънните седименти на р. Искрецка варира от 18 до 53 mg/kg. Повечето пунктове имат концентрации над фоновете за страната и реките от Европа (фиг. 7). Особено се откроява пункт № 8, разположен след завода за шоколадови изделия, чиято концентрация достига 53 mg/kg никел. Повишението на съдържанието на никел започва още от пункт № 7 преди завода (47 mg/kg). В началото на гр. Своге спада до 45 mg/kg (пункт № 9), а преди устието е 32 mg/kg. От литохимичните карти няма данни за повишена аномалия на никел в скалите на водосбора, затова може да се заключи, че повишените концентрации са в резултат на антропогенна и техногенна дейност в тази част от поречието, по-специално – в районите на фабриката за картонени опаковки и завода за шоколадови изделия. Превишението над значимите с вероятен вреден ефект концентрации (РЕС) е 1,09 пъти (пункт № 8). Посочените три пункта надвишават и средната стойност за седименти от техногенните райони на България, която е 35 mg/kg.



Фиг. 7. Съдържание на никел (mg/kg) в дънните седименти по течението на р. Искрецка
 Fig. 7. Nickel content (mg/kg) in bottom sediments along the Iskretzka River

Съдържанието на **кобалт** варира между 7 и 20 mg/kg. Почти всички пунктове имат фонові стойности (фиг. 8). С превишение на фона се отличава отново пункт № 7 – 20 mg/kg при фон 17 mg/kg. За този елемент няма определени ТЕС и РЕС от Агенцията за защита на околната среда в САЩ. Но съпоставката със средните стойности на дънните седименти в страната показва, че концентрациите на кобалт в седиментите на р. Искрецка са далеч под тези за техногенните райони. Може да се приеме, че миграцията на кобалт в седиментите на р. Искрецка протича при фонові условия.



Фиг. 8. Съдържание на кобалт (mg/kg) в дънните седименти по течението на р. Искрецка
 Fig. 8. Cobalt content (mg/kg) in bottom sediments along the Iskretska River

Съдържанието на **кадмий** в седиментите на р. Искрецка е под долния праг на чувствителност на лабораторния анализ. Концентрацията е отбелязана като < 1 mg/kg.

Изчислени са и средните стойности на съдържанието на изследваните химични елементи в дънните седименти на р. Искрецка (табл. 3).

Таблица 3
 Table 3

Средно съдържание на тежки метали (mg/kg) в дънните седименти на р. Искрецка
 Average content of heavy metals (mg/kg) in the bottom sediments of the Iskretska River

	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mn
средна аритметична стойност	44	159,3	107,1	61,1	33,5	10,6	492,1
медиана	40	140,5	37	57	31,5	10,5	425

Дънните седименти от поречието на р. Искрецка съдържат изследваните елементи тежки метали преобладаващо в техните фонови концентрации. Изключение от това е течението на реката през с. Свидня и след него, където беше установено техногенно въздействие и опасни за живите организми във водната среда концентрации на Pb (5,3 пъти над ПЕС и 6,7 пъти над средните

съдържания в седиментите от техногенните райони на страната) и Ni (1,09 над РЕС и 1,5 пъти над средните стойности за техногенните райони на България). По-високи стойности от средните за седиментите в техногенните райони са отчетени за цинк и хром, но те не надвишават значимите и с вероятен вреден ефект концентрации (РЕС). Върху съдържанието на цинка в седиментите има регионално литогеохимично влияние.

Р. Пенин и Б. Григоров също изследват съдържанието на тежки метали в дънните седименти на реката (Пенин, Григоров 2014). Те изчисляват следните средни стойности за изследваните тежки метали: мед – 21,81 mg/kg, цинк – 100,25 mg/kg, олово – 58,9 mg/kg, манган – 322,3 mg/kg, никел – 22,84 mg/kg, кобалт – 24,88 mg/kg, хром – 37,83 mg/kg, кадмий – 1,07 mg/kg. Сравнението с данните от настоящата статия показва, че средните съдържания, получени от двамата автори, са по-ниски при повечето елементи: мед – близо 2 пъти, цинк – ок. 1,6 пъти, олово – 1,8 пъти, манган – ок. 1,5 пъти, никел – 1,4 пъти, хром – 1,6 пъти по-ниско съдържание. Единствено средното съдържание на кобалт е по-високо малко повече от 2 пъти.

Поречие Батулийска река

Басейнът на р. Батулийска се формира на територията на Софийска, Голема и Мургаш планина. Дънните седименти на главната река и един от притоците ѝ – Салтарски дол, са опробвани в 5 пункта (табл. 4). Алкално-киселинните условия във водите се изменят от кисели, през слабо кисели, до неутрални.

Таблица 4
Table 4

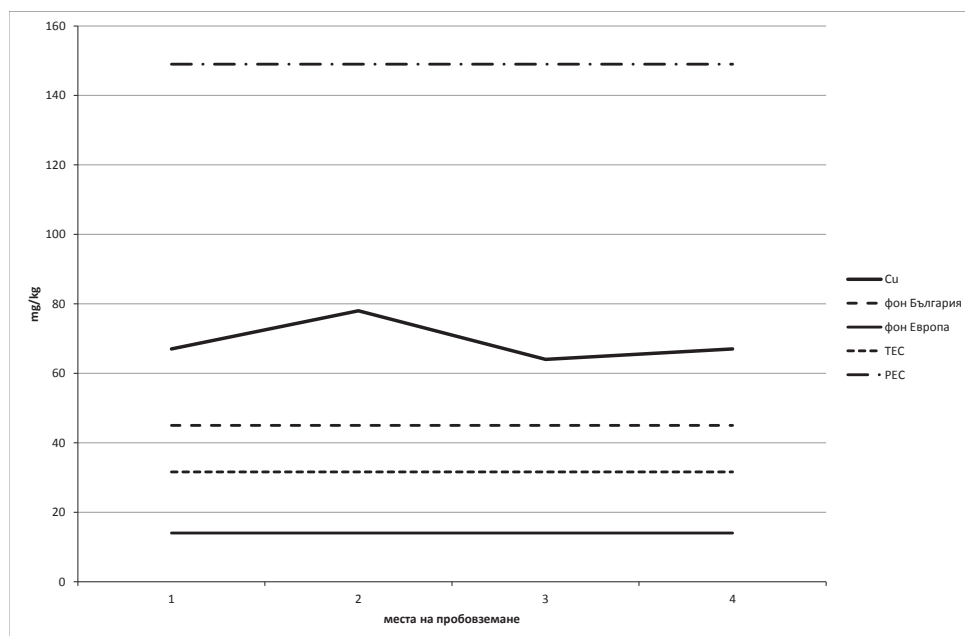
Местоположение, съдържание на тежки метали (mg/kg) и стойност на рН на проби от дънни седименти от поречието на р. Батулийска
Location, content of heavy metals (mg/kg) and pH value of bottom sediment samples from the Batuliyska River basin

№	Местоположение	pH	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mn	Cd
1 (46)	Р. Батулийска, меандър над с. Бакьово	6,84	67	161	15	77	68	21	1440	<1
2 (45)	р. Батулийска, над с. Батулия	6,95	78	369	17	80	62	23	1520	<1
3 (43)	р. Батулийска, при с. Батулия, въжен мост	5,17	64	158	21	72	60	23	532	<1
4 (42)	р. Батулийска, преди вливането в р. Искър	6,15	67	180	21	72	61	21	824	<1
(44)	р. Салтирски дол, преди вливането в р. Батулийска	7,11	116	206	25	84	114	31	2820	<1

Заб.: числата в скоби отговарят на № на пробите на фиг. 1

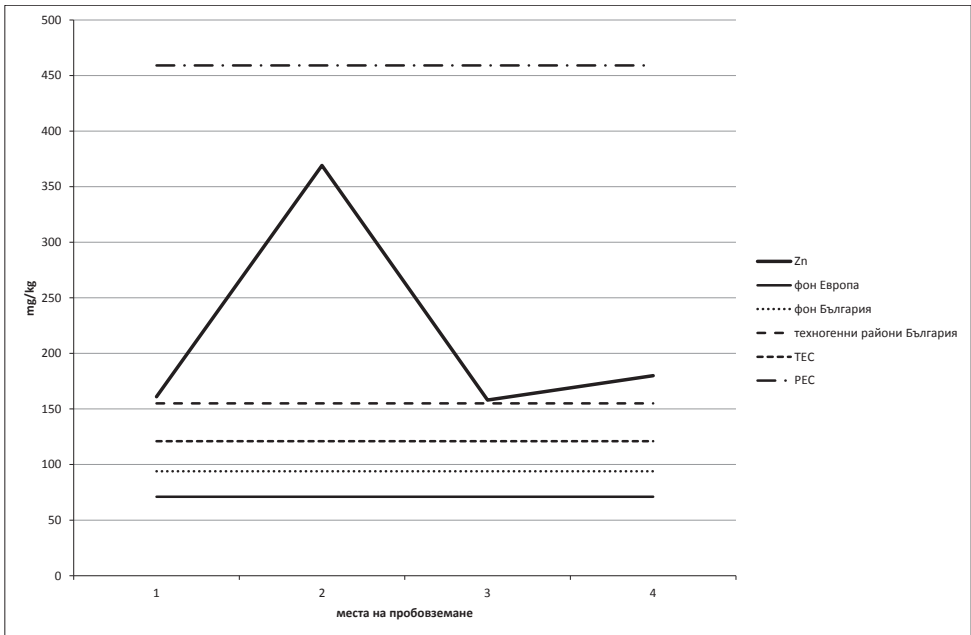
Note: the numbers in brackets correspond to the sample number of fig. 1

Концентрациите на мед в седиментите на р. Батулийска (фиг. 9) са по-високи от средните фонове стойности за седиментите в България и Европа, по-високи от праговите концентрации (ТЕС). Медта в седиментите на р. Батулийска е от 64 до 78 mg/kg и не показва големи вариации. Тези стойности са по-ниски от значимите с вероятен вреден ефект концентрации и много по-ниски от средните стойности за седиментите от техногенните райони на България (табл. 1).



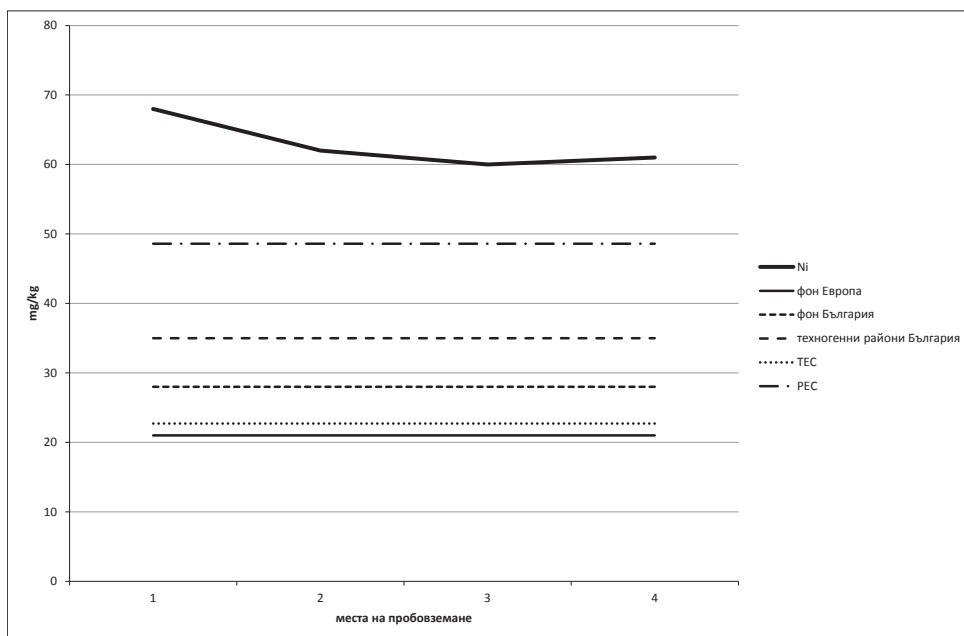
Фиг. 9. Съдържание на мед (mg/kg) в дънните седименти по течението на р. Батулийска
 Fig. 9. Copper content (mg/kg) in bottom sediments along the Batuliyska River

Разпределението на съдържанието на **цинк** в дънните седименти на р. Батулийска (фиг. 10) показва вариации между 158 и 369 mg/kg. Измерените концентрации са по-високи от средните стойности за дънните седименти в България и Европа, от праговите стойности (ТЕС), от средните стойности за дънните отложения от техногенните райони в България. В района на горното поречие на реката (където тя носи името Ябланица) в скалните комплекси на планините Мургаш и Голема се отчитат положителни аномални концентрации на цинк до 300 mg/kg (Панайотов и др. 1990). Тази литохимична аномалия е отразена в химичния състав на седиментите от реките в района. Повишеният естествен фон не е опасен за водните организми, тъй като е много по-нисък от значимите и с вероятен вреден ефект концентрации (РЕС, 459 mg/kg).



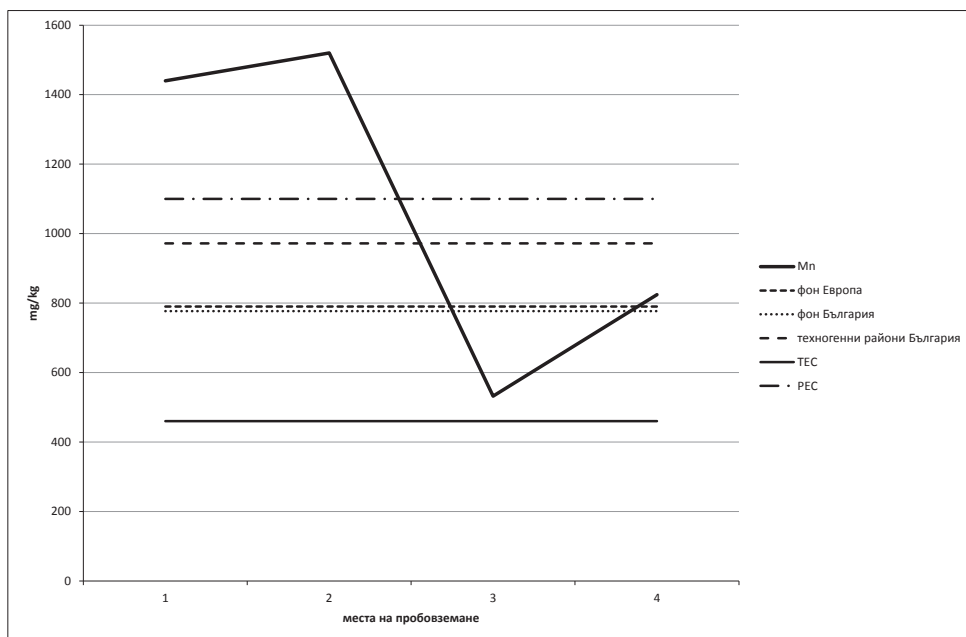
Фиг. 10. Съдържание на цинк (mg/kg) в дънните седименти по течението на р. Батулийска
 Fig. 10. Zinc content (mg / kg) in bottom sediments along the Batuliyska River

Откроява се съдържанието на **никел** в седиментите на р. Батулийска и нейните притоци. Всички пунктове, особено р. Салтирски дол, съдържат никел в по-високи концентрации спрямо петте фактора за съпоставяне (фиг. 11). Концентрациите по течението се изменят от 68 mg/kg до 60 mg/kg, а в седиментите на р. Салтирски дол достигат 114 mg/kg. Тези високи концентрации се транспортират и в седиментите на р. Искър. За района на водосбора литогеохимичните карти показват аномални концентрации на никел между 60 и 100 mg/kg (Панайотов и др. 1990). Химичният състав на седиментите е резултат от тази положителна интензивна литохимична аномалия.



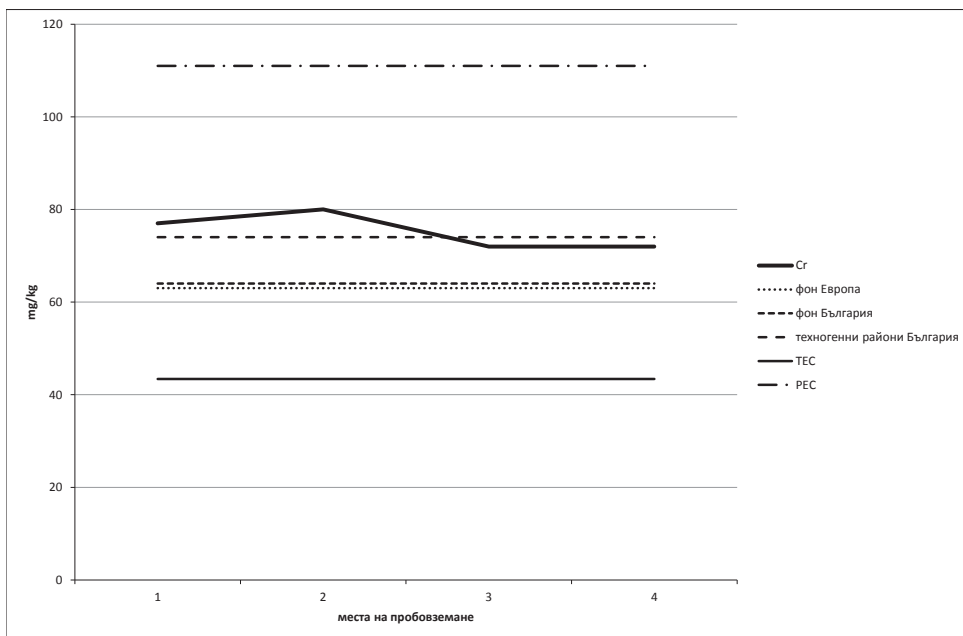
Фиг. 11. Съдържание на никел (mg/kg) в дънните седименти по течението на р. Батулийска
 Fig. 11. Nickel content (mg/kg) in bottom sediments along the Batuliyska River

Друга положителна литохимична аномалия във водосборния басейн на р. Батулийска определя съдържанието на **манган** в дънните седименти. Пунктовете от средната част на течението – преди и след с. Бакъово, имат концентрации на манган, значително по-високи от всички показатели, използвани за сравнение (фиг. 12). Според литохимичните карти за района концентрациите на този елемент варират от 1400 до 7000 mg/kg (Панайотов и др. 1990). Това влияние е много силно отразено в почвената покривка и в по-малка степен – в дънните седименти. В долното течение това литохимично влияние отслабва и концентрациите се понижават до стойности, значително под или близки до фоновите за страната. По поречието на реката стойностите за мангана се изменят от 1440 до 532 mg/kg, докато в седиментите на р. Салтирски дол те са значително по-високи – 2280 mg/kg.



Фиг. 12. Съдържание на манган (mg/kg) в дънните седименти по течението на р. Батулийска
 Fig. 12. Manganese content (mg/kg) in bottom sediments along the Batuliyska River

Литогеохимично влияние върху съдържанието на **хром** в седиментите от водосбора на р. Батулийска също има. В територията на Мургаши и Софийска планина има полета със слаби положителни аномалии до 80 mg/kg. Седиментите на р. Батулийска и на притока ѝ р. Салтирски дол съдържат от 72 до 84 mg/kg. Както е показано на фиг. 13, всички проби от речните утайки имат концентрации на хром над фона за България и Европа и значително по-високи от праговите концентрации на Агенцията за защита на околната среда на САЩ (ТЕС). В пробите от средното поречие около с. Бакъво и преди с. Батулия (пунктове № 1 и 2) има съдържание на хром, по-високо от средното за техногенните райони на страната, което обаче е далеч под стойностите на значимите и с вероятен вреден ефект концентрации (РЕС). Няма проблем със замърсяване на седиментите с този елемент, а завишен естествен фон.



Фиг. 13. Съдържание на хром (mg/kg) в дънните седименти по течението на р. Батулийска
 Fig. 13. Chromium content (mg/kg) in bottom sediments along the Batuliyska River

Концентрациите на **олово** в дънните отложения на р. Батулийска са по-ниски и/или значително по-ниски от 5-те показателя за сравнение (табл. 1 и 4). За елемента **кобалт** няма въведени прагови и значими концентрации. При съпоставка със средните данни за България и Европа неговите концентрации заемат мястото между стойностите за фоновите и техногенните райони. Съдържанието на **кадмий** в седиментите на р. Батулийска е под долния праг на чувствителност на лабораторния анализ. Концентрацията е отбелязана като <1 mg/kg.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На фона на сравнително натоварените с тежки метали седименти на р. Искър в нейния Старопланински пролом геохимичната картина на два от нейните най-големи притоци в този басейн е по-различна. Повечето от изследваните елементи в дънните седименти на р. Искрецка са близки до фоновите концентрации, характерни за страната или европейския геохимичен фон. Техногенно въздействие върху субаквалните геохимични ландшафти е установено в част от поречието, в района на с. Свидня, където съдържанията на Pb и Ni превишават праговите стойности за вероятен вреден ефект върху водната екосистема (PEC) и средните стойности на седиментите от техногенните райони на България. Елементите Zn и Cr в отделни пунктове имат по-високи

концентрации от средните за техногенните райони на страната, но те не достигат значимите и с вероятен вреден ефект концентрации (РЕС). Регионално литогеохимично влияние определя миграцията и концентрацията на цинка в речните седименти.

Седиментите в р. Батулийска отразяват регионалните литохимични аномалии по отношение на повечето изследвани елементи. Най-добре тази особеност се разкрива в съдържанията на елементите Mn и Ni, чиито концентрации превишават всички средни съдържания на показателите, използвани за сравнение. Литогеохимична аномалия на манган е установена и в части от поречието на главната река Искър. Други от елементите – като Zn и Cr – имат съдържания, по-високи от фоновите за България и Европа, както и средните от техногенните райони на страната, но не достигат значимите и с вероятен вреден ефект (РЕС).

Резултатите от това проучване потвърждават и преди направени заключения, че оценката на качеството на реките трябва да включва и регулярни изследвания на седиментите в тях, защото те носят информация както за естествените геохимични условия във водосборния басейн и ореолите на разсейване на изследваните химични елементи, така и за техногенния „отпечатък“ върху речната система, който може да се открие в дълъг период след края на антропогенното въздействие.

ЛИТЕРАТУРА

- Гергов, Г., С. Блъскова, Р. Папазов и др. 1991. Гранулометричен състав на речните наноси в България. София, БАН, ИМХ, 91 с.
- Пенин, Р. 2003. Геохимията на ландшафтите – приоритетно научно направление при разкриване и решаване на екологични проблеми. – В: Юбилеен сб. „30 години катедра ЛОПС“. София: Малео-63, 89–94.
- Панайотов, А., В. Кербелова, Е. Челебиев. 1990. Обяснителна записка към геохимични карти в мащаб 1:200 000 на част от Южна България (Стара планина, Краище, Осогово, Огражденска и Малешевска планина). Национален геофонд, IV-389.
- Пенин, Р., Б. Григоров. 2014. Ландшафтни и екогеохимични проучвания в басейна на р. Искрецка. – *Проблеми на географията*, 3–4, 76–93.
- Тодоров, Н., М. Контева, Р. Пенин, З. Чолакова. 2013. Съвременна структура на ландшафтите от северния дял на Влахина планина. – В: *Год. СУ, Геол.-геогр. фак.*, 105, № 2 – География, 129–154.
- Тодоров, Н., Р. Пенин, З. Чолакова и др. 2014. Особенности на съвременните ландшафти в южната част на Влахина планина. – *Год. на СУ, ГГФ*, т. 106, кн. 2 – География, 135–170.
- Чолакова, З. 2002. Особенности в съдържанието и разпределението на някои тежки метали в дънните отложения на р. Искър в Искърския пролом. – *Год. на СУ, ГГФ*, т. 94, кн. 2 – География, 39–55.

- Чолакова, З., Д. Аветисян. 2014. Ландшафтно-геохимични особености в басейна на река Лом в Западна Стара планина и Западния Предбалкан. – *Год. на СУ, ГГФ*, т. 106, кн. 2 – География, 191–216.
- Чолакова, З., Р. Пенин. 2016. Геохимия на микроелементния състав на дънните седименти в басейна на река Дългоделска Огоста. – *Год. на СУ, ГГФ*, т. 107, кн. 2 – География, 107–121.
- Cholakova, Z. 2005. Geochemical peculiarities of migration and concentration of some heavy metals in Iskar river basin in Stara Planina Mountain. – In: Proceedings of the First International Conference “Human Dimensions of Global Change in Bulgaria”, 22–24 April 2004. Sofia: St. Kliment Ohridski University press, 185–189.
- Cholakova, Z. 2006. Landscape-Geochemical Approach for Evaluation of the Iskar River Basin State in the Western Balkan Mountain (Bulgaria). – In: Proceedings of BALWOIS Conference on Water Observation and Information System for Decision Support, Ohrid, 23–26 May, FYR Macedonia.
- Guidelines for Identifying, Assessing and Managing Contaminated Sediments in Ontario: An Integrated Approach. 2008. Ontario Ministry of Environment, Queen’s Printer for Ontario, 107 p.
- MacDonald, D. D., C. G. Ingersoll. 2002. A Guidance Manual to Support the Assessment of Contaminated Sediments in Freshwater Ecosystems. Volume III – Interpretation of the Results of Sediment Quality Investigations. US EPA-905-B02-001-C.

SUMMARY

PECULIARITIES OF HEAVY METAL CONTENT IN THE BOTTOM SEDIMENTS OF SOME TRIBUTARIES OF THE ISKAR RIVER IN THE STARA PLANINA MOUNTAIN (ISKRETSKA AND BATULIYSKA RIVERS)

Bottom sediments are an element of the complex system of sub-aquatic landscapes that have a subordinate position in the landscape-geochemical structure of each territory in terms of migration and concentration of chemical elements and their compounds. The objects of this study are the river bottom sediments of two of the large tributaries of the Iskar River in the Stara Planina Mountain – the Iskretska River and the Batuliyska River. The aim is to present the geochemical migration and differentiation of 8 chemical elements heavy metals (Cu, Zn, Pb, Cd, Mn, Ni, Co, Cr) in the bottom sediments, as well as to reveal the main geochemical associations of the elements in the polluted and relatively less technogenically affected sections of the river basins.

Against the background of the relatively high concentration of heavy metals in the sediments of the Iskar River in its Stara Planina Gorge, the geochemical pattern in two of its largest tributaries is different. Most of the studied elements in the bottom sediments of the Iskretska River are close to the background concentrations which are typical of the country or the European geochemical background. Technogenic impact on the sub-aquatic geochemical landscapes has been found in a part of the basin, in the region of Svidnya village, where Pb contents are 5,3 times higher than the Probable Effect Concentrations (PEC, US EPA) and 6,7 times above the average sediment content in the technogenic regions of the country, while Ni concentrations are 1,09 times higher than PEC. The Zn and Cr elements

at individual points have higher concentrations than the average for the technogenic regions of the country, but they do not reach the significant and likely detrimental effect of the PEC. Regional lithogeochemical influence determines the migration and concentration of zinc in river sediments.

The sediments in the Batuliyska River reflect regional lithogeochemical anomalies with respect to most of the studied elements. This feature is best revealed in the content of the elements Mn and Ni, whose concentrations exceed all the average content of the indicators used for comparison. The lithogeochemical anomaly of manganese is also found in parts of the Iskar River. The content of other elements, such as Zn and Cr, is higher than the backgrounds for Bulgaria and Europe, as well as the average of the technogenic regions of the country, but they do not reach the Probable Effect Concentrations.

The results of this study confirm that the assessment of river quality should include regular surveys of their sediments. They carry information both about the natural geochemical conditions in the catchment area and the peculiarities of the migration of the studied chemical elements and about the technogenic “imprint” on the river system, which can be detected for a long period after the end of its impact.