

ОЦЕНКА НА ОПАСНОСТТА ОТ ПОСТЪПВАНЕ НА ТЕЖКИ МЕТАЛИ И МЕТАЛОИДИ В ПОЧВИТЕ НА ВИДИНСКАТА НИЗИНА ПРИ НАВОДНЕНИЕ ОТ РЕКА ДУНАВ

*Велимира Стоянова*¹

<https://doi.org/10.35101/prg-2021.1.4>

В статията е представена оценка на опасността от постъпване на тежки метали и металоиди в почвите на Видинската низина при потенциално наводнение на цялата низина от р. Дунав с използване на индекс *MeTo* (Стоянова, Коцев, 2020), в който са включени два оценъчни показателя – степен на замърсяване на речните наноси (Me) и форми на релефа (To). Съставена е карта на формите на релефа на низината, класифицирани в три класа, и са дефинирани два класа опасност.

Ключови думи: *географски информационни системи (ГИС), речни наноси, ниска заливна тераса, висока заливна тераса, пясъчни гредове*

HAZARD OF HEAVY METAL AND METALLOIDS ADMISSION OF SOIL BY FLOODING FROM DANUBE IN THE VIDINSKA LOWLAND

*Velimira Stoyanova*¹

Abstract: In this paper, we assess the hazard of heavy metal pollution of soil in the Vidinska Lowland (Bulgaria) in the case of inundation from the Danube. The assessment takes into account the following two parameters: degree of heavy metal pollution of river sediment (Me) and topography (To). Each parameter is characterized by the following elements: weight (W), ranges, and ratings (R). Each parameter is evaluated by comparison with the others to determine its relative importance. The highest weight is given to the indicator ‘degree of heavy metal pollution of river sediment’ followed by the ‘topography’. Their weight coefficients are 2 and 1, respectively. The ranges of the parameters characterize

¹ Национален институт по геофизика, геодезия и география при Българска академия на науките (НИГГГ-БАН), департамент „География“ – секция „Физическа география“, stoyanovavelimira@gmail.com

the variety of environmental settings throughout the wetlands for the accumulation of heavy metals in the soils of the floodplain. Ratings (R) from 1 to 4 is assigned to each of the ranges of the individual variables. The MeTo index is calculated as the sum of the products of ratings (R) and weights (W) assigned to each of the parameters: $MeTo = MeW * MeR + ToW * ToR$. The minimum value of the MeTo index is 3 and the maximum is 12. The whole range is divided into six classes: 3 (negligible hazard), 4-5 (very low hazard), 6-7 (low hazard), 8-9 (moderate hazard), 10-11 (high hazard), and 12 (very high). Degree of heavy metal pollution of river sediment (Me). To elaborate on the raster file of the river sediment contamination, we used data on the concentration of As, Cu, Zn, Pb, Cr, and Ni in one representative sample of Danube overbank sediment deposited in the Vidinska Lowland. The index C_d is calculated to be 1.53 for the Danube overbank sediment in the lowland. This value falls in the range 1-3 of the index and is rated to 3. To delineate the limits of the lowland and the geomorphographic landforms, we extracted the slope, aspect, and hillshade from the DTM using the Spatial Analyst Tools - Surface in ArcGIS. The categories of the geomorphographic units are defined according to the classification of Mishev (1959) and Tcherkezova (2019). After classifying and analysing these indicators and comparing them with topographic maps, the following geomorphographic units are defined: low floodplain, high floodplain, and sandy ridges. The calculated values of the MeTo index for the Vidinska Lowland are within the range 3-6 and fall into two classes of a hazard: negligible hazard (26.51% of total area) and low hazard (73.49% % of total area).

Keywords: *geographic information systems (GIS), river sediment, low floodplain, high floodplain, sandy ridges*

ВЪВЕДЕНИЕ

Индустриалното развитие на дунавските страни през последните векове, което е най-интензивно в периода 1950-1987 г., е причина за замърсяването на Дунавския басейн с тежки метали и металоиди (ТММ) (Bird et al., 2010a; Winkels et al., 1998, Pavlović et al., 2015). Крайдунавските низини в България не са изучавани по отношение на опасността от постъпване на ТММ в почвите при наводнение от р. Дунав. Сравнително малко са и публикациите с данни за съдържанията им в почвите (Ricking, Terytze, 1999; Bird et al., 2010a; Hristov, 2010; Коцев и др., 2013; Gyosheva et al., 2017; Stoyanova et al., 2018; Stoyanova et al., 2019). Малобройни са и проучванията, изследващи наличието на ТММ в седиментите на реките в участъка между Железни врата и Дунавската делта (Winkels et al., 1998; Pantelica et al., 1999; ICPDR, 2002, 2008, 2015; Mihai and Mather, 2003; Woitke et al., 2003). В повечето случаи те се отнасят за ниски речни нива на р. Дунав. Съвсем ограничена е информацията за съдържанието и разпределението на тежки метали в наносите от високи води и в почвите на крайдунавските низини на българския участък от реката (Bird et al., 2010a, b, c). Изследвания в тази посока са правени в рамките на проекта ROBUHAZ-DUN, 2012–2013 г., Програма за Трансгранично сътрудничество Румъния – България 2007-2013 г. (Железов, 2014). Не откриваме проучвания, в резултат на които разпределението на опасните вещества да е анализирано по типологични морфографски единици в границите на заливната речна тераса, въпреки че връзката между разпределението на тежките метали в почвите на замърсени заливни речни тераси и флувиалните форми на релефа посредством транспорта и акуму-

лацията на речните наноси е представена от редица автори (Winkels et al., 1998; Pantelica et al., 1999; Woitke et al., 2003; Macklin et al., 2006; Konradi et al., 2006).

Досегашните изследвания, направени в почвите на низините в долината на р. Дунав между гр. Брегово и гр. Никопол, показват, в част от взетите проби се отчитат повишени съдържания на тежки метали и металоиди. Съдържанията на арсен (As), олово (Pb) и мед (Cu) са над предохранителните нива и интервенционните стойности в незащитените от диги територии в тази част от долината на р. Дунав (Коцев и др., 2013; Stoyanova et al., 2018; Stoyanova et al., 2019).

Предпоставка за постъпване на микроелементи замърсители в почвите на заливните речни тераси се създава вследствие отлагане на замърсени наноси при наводнение.

Целта на настоящата публикация е да се направи оценка на опасността от постъпване на тежки метали и металоиди в почвите на Видинската низина при потенциално наводнение на цялата низина от р. Дунав.

МЕТОДОЛОГИЯ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

РАЙОН НА ИЗСЛЕДВАНЕ

Видинската низина е разположена в Северозападна България в обхвата на Западна Дунавска равнина между $22^{\circ}46' - 23^{\circ}3'$ и. д. и $44^{\circ}5' - 43^{\circ}52'$ с. ш. (фиг. 1) и е с площ от $133,77 \text{ km}^2$. Районът на изследване попада изцяло в административните граници на област Видин и включва части от територията на община Видин. Във Видинската низина са разположени малки населени места с техните землища – гр. Видин (57 496 д.), с. Кошава (302 д.), с. Сланотрън (422 д.), с. Капитановци (938 д.), с. Покройна (1144 д.), с. Антимово (452 д.), с. Кутово (675 д.), с. Новоселци (829 д.) и с. Слана бара (311 д.) (данните са по ГРАО към 15. 12. 2020 г.).

За целите на изследването трябва да споменем, че във Видин опустошителни наводнения са регистрирани през 1838 г., 1897 г., 04–12 март 1942 г., 1972 г., 1985 г. ($15\,900 \text{ m}^3/\text{s}$) и 17-19 април 2006 г. ($15\,800 \text{ m}^3/\text{s}$) (Nikolova et al., 2012; Николова, Недков, 2013). През 2006 г. нивото на водата достига най-високите си стойности, отчетени някога в гр. Видин (979 cm), гр. Оряхово (825 cm) и Козлодуй (917 cm). Критичните водни нива превишават с 15-40 cm в много части брега на реката, в резултат на което се нанасят значителни материални щети в населените места, разположени по заливните тераси, включително в гр. Видин и крепостта „Баба Вида“ (Николова, Недков, 2013).

МЕТОДИ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

В настоящото изследване са използвани методите на баловата оценка, на полевите (теренни) изследвания, както и лабораторни и методи за обработка и анализ на данните.

Метод на баловата оценка. Оценка на опасността от постъпване на тежки метали и металоиди в почвите на Видинската низина е направена с нова-



Фиг. 1. Район на изследване

торски подход, който съчетава ролята на геоморфологията и речните наноси за постъпване на ТММ в почвите. Разработен е индекс метод, наречен *MeTo*, за Крайдунавските низини в България – Брегово-Новоселска, Видинска, Арчаро-Орсойска, Долноцибърска, Козлодуйска, Островска, Чернополска, Свищовско-Беленска, Вардимска, Батинска, Аблановска, Бръшлянска, Попино-Гарванска и Айдемирска (Стоянова, Коцев, 2020). Методът е подходящ за оценка на опасността от постъпване на тежки метали и металоиди в почвите от отложени речни наноси при потенциално наводнение от р. Дунав вследствие на обилни продължителни валежи, които могат да причинят заливане на цялата низина и покачване нивото на речните води до толкова, че те да прехвърлят височината на дигите и дори да причинят тяхното скъсване.

В метода са включени два оценъчни показателя: *степен на замърсяване на речните наноси (Me)* и *форми на релефа (To)* (табл. 1). Вследствие на отлагане на замърсени наноси при наводнение се създават условия за постъпване на опасни вещества в почвите на заливните речни тераси (Ciszewski, Grygar, 2016). Може да се приеме, че опасността от постъпване на тежки метали в почвите на крайречните низини се определя най-вече от степента на замърсеност на речните наноси и от морфографията на заливната тераса (Macklin et al., 2006), затова не са отчетени други важни показатели като съдържания на разтворени тежки метали и металоиди във водите, обем на водна маса, разстояние от реката и др.

На показателите е зададена *тежест (W)* (табл. 1), която е определена след съпоставянето на влиянието им за постъпването на тежки метали и металоиди в почвите на Крайдунавските низини. Показателите са класифицирани в четири класа (табл. 1), което, от една страна, отразява подробността на наличната информация, а от друга, осигурява достатъчна диференциация на проучваната територия при средномасщабни изследвания. Класовете на всеки показател получават различна относителна оценка, която показва значимостта на условията в съответния интервал за степента на опасност. Определянето на класовете дава възможност за оценка на различията в условията за постъпване на тежки метали в почвите на крайречните низини (Стоянова, Коцев, 2020).

Оценката на опасността от постъпване на тежки метали се изчислява по следната формула (1):

$$MeTo = Me_W * Me_R + To_W * To_R \quad (1),$$

където: *MeTo* – име на индекс метода; *Me* – степен на замърсяване на речните наноси; *To* – форма на релефа; *R* – оценка; *W* – тежест на показателя.

Т а б л и ц а 1

*Индекс MeTo – показатели, тежест, класификация и оценка
(по Стоянова, Коцев, 2020)*

Показател	Тежест (W)	Класификация	Оценка (R)
Me - степен на замърсяване на речните наноси	2	Без замърсяване (0)	1
		Ниска степен на замърсяване (0-1)	2
		Средна степен на замърсяване (1-3)	3
		Висока степен на замърсяване (>3)	4
To - форми на релефа	1	Ниска акумулация на фини речни наслаги (висока заливна тераса, пясъчни гредове)	1
		Средна акумулация на фини речни наслаги (ниска заливна тераса)	2
		Средна до висока акумулация на фини речни наслаги (стари речни легла)	3
		Висока акумулация на фини речни наслаги (заблатена заливна тераса)	4

Таблица 2

Класове опасност (по Стоянова, Коцев, 2020)

Бал	Опасност	Цвят	RGB
3	незначителна	тъмнозелен	38/118/0
4-5	много ниска	зелен	10/204/0
6-7	ниска	светлозелено	170/255/0
8-9	средна	жълто	255/255/135
10-11	висока	оранжев	255/168/0
12	много висока	червено	255/0/0

Целият диапазон на оценките на индекса (балове 3–12, табл. 2) е разделен на шест интервала, които отговарят на шест класа на опасност. За разграничаване на класовете при съставяне на картите се използва RGB цветен модел (табл. 2) (Стойнова, Коцев, 2020). Цветовете показват нивата на относителна опасност от постъпване на ТММ в почвата: „топлиите“ цветове: червено, оранжево и жълто показват областите с потенциално най-голяма степен на постъпване на ТММ; „студените цветове“ – светлозелен, зелен и тъмнозелен – показват областите с най-ниска степен на опасност.

Метод на полевите (теренни) изследвания. Теренни изследвания са проведени в следните периоди:

29 август – 01 септември 2013 г. събрани са от целия български участък на река Дунав между р. Тимок и гр. Силистра речни наноси (на речното легло и на заливната речна тераса), отложени в периода на изразено пълноводие през пролетта на 2013 г.;

21 – 23 октомври 2017 г. събрани са почвени проби и брегови речни наноси и са определени формите на релефа в Брегово-Новоселската, Видинската, Арчаро-Орсойската, Долноцибърската, Козлодуйската, Островската и Чернополската низина.

Лабораторни методи. Концентрацията на тежките метала и металоиди в наносите и почвите са определени с рентгенов флуоресцентен спектрометър Spectro X-Lab 2000. За тази цел почвените проби са изсушени, стрити в порцеланов хапан, пресети през сита < 0,063 mm и таблетирани с ръчна хидравлична преса. Получените таблетки съдържат 4 g почва и 0,9 g спояващо вещество Licowax C. Пробоподготовката е извършена от автора на настоящата публикация в лабораторията по Ландшафтна екология на департамент География в Националния институт по геофизика, геодезия и география при Българската академия на науките.

Методи за обработка и анализ на данните. За визуализация и пространствен анализ на данните в ГИС-среда е използван софтуерният продукт ArcGIS 10.6.1 на ESRI.

ИНФОРМАЦИОННА ОСИГУРЕНОСТ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

За съставяне на картите на степен на замърсяване на речните наноси (Me), формите на релефа (To) и опасността от постъпване на ТММ, в настоящото изследване са използвани следните източници на информация:

1) *Топографски карти в мащаб 1:50 000* с картни листове L-34-143-3, L-34-142-4 и K-34-010-2 от сайта Векторна топографска карта на България за Garmin™ GPSr уреди (<http://web.uni-plovdiv.bg/vedrin/>);

2) *Цифров модел на релефа (ЦМР)* генериран от данни за въздушно лазерно сканиране (LIDAR) с висока пространствена разделителна способност 1x1 m (размер на пиксел) от проекта Danube FLOODRISK (2009-2012). ЦМР е предоставен безвъзмездно от Дирекция „Управление на водите“ към Министерството на околната среда и водите на България;

3) *Други данни*, освен вече описаните, са използвани и редица помощни данни, като основен източник е базата на Министерство на околната среда и водите, разработена по проект „Интегрирано управление на водите в Република България“ и реализиран от Японската Агенция за международно сътрудничество (Japan International Cooperation Agency – JICA). Това са слоеве: ЦМР, реки, населени места, държавната граница и др.

РЕЗУЛТАТИ ОТ ПРИЛАГАНЕТО НА ИНДЕКСА MeTo

СТЕПЕН НА ЗАМЪРСЯВАНЕ НА РЕЧНИТЕ НАНОСИ (МЕ)

При изчисляването на степенната на замърсяване на речните наноси във Видинската низина са използвани данни от два пункта D4f (с. Сланотрън) и D5f (гр. Видин) за концентрацията на приоритетни за басейна на р. Дунав елементи като Cu, Zn, Ni, As, Pb и Cr (табл. 3).

Степента на замърсяване на речните наноси (Me) е изчислена с индекса C_d , предложен от Backman et al. (1998):

$$C_d = \sum_{i=1}^n C_{fi} \quad (2)$$

$$C_{fi} = \sum_{C_{ni}}^{C_{ai}} - 1 \quad (3),$$

където: C_{fi} = фактор на замърсяване на i -тия показател (уравнение 3); C_{ai} = аналитична стойност на i -тия показател; C_{ni} = максимално допустима концентрация за i -тия показател (n обозначава „нормативна стойност“).

Таблица 3

Съдържания на тежки метали и металоиди (mg/kg) в изследваните наноси на заливната речна тераса на Видинската низина

Код на пробата	Cu	Zn	Ni	As	Pb	Cr
D4f	90,1	173,5	54,8	15,3	39,0	117,7
D5f	111,8	287,0	78,4	20,2	72,1	141,3

Таблица 4

Прагови стойности на тежките метали и металоиди (mg/kg) в речните наноси
(по ICPDR – 2002, 2008, 2015)

Тежки метали и металоиди	Прагови стойности (C_{ni})
Cu	60
Zn	200
Ni	50
As	20
Pb	100
Cr	100

Като гранични нива (C_{ni}) в индекса на замърсяване се използват праговите стойности за концентрациите на тежки метали и металоиди в речните наноси, използвани в поредицата експедиционни изследвания на състоянието на река Дунав (Joint Danube Studies 1-3), организирани от Международната комисия по нейното опазване (ICPDR) през 2001, 2007 и 2013 г. (eds. Liška et al., 2015) (табл. 4).

Ограниченият брой проби (2 пункта) с информация за съдържанията на Cu, Zn, Ni, As, Pb и Cr в наносите на заливната речна тераса на Видинската низина не ни позволи да съставим растерния файл за степента на замърсяване на речните наноси (Me) чрез интерполация. Затова за цялата Видинска низина е определен осреднен индекс Cd – 1,53. Растерният файл е съставен с инструмента Spatial Analyst Tools – Conversion Tools – To Raster – Polygon to Raster (фиг. 2).

ФОРМИ НА РЕЛЕФА (T_0)

Основните форми на релефа на Видинската низина са определени след анализирането на топографски карти в мащаб 1:50 000, изчертаването на напречни профили на релефа (фиг. 3) и генерирането на морфометрични показатели като наклон на склона в градуси, експозиция на терена в градуси и др. от ЦМР 1x1 m (Tcherkezova, 2004, 2015; Черкезова, 2011). Класифицирането на формите на релефа на Видинската низина е направено по класификацията на Мишев (1959) и Черкезова (2019), както и от проведените теренни изследвания. Определени са следните форми на релефа: ниска заливна тераса (73,49 % от цялата площ), висока заливна тераса (21,81 %) и пясъчни гредове (4,70 %) (фиг. 3 – приложение).

Растерният файл за формите на релфа (T_0) е съставен с инструмента Spatial Analyst Tools – Conversion Tools – To Raster – Polygon to Raster, след което е рекласифициран със следния инструмент Spatial Analyst Tools – Reclassify (фиг. 4).



Фиг. 2. Карта на оценката (R) на степента на замърсяване на речните наноси (Me)

КАРТОГРАФИРАНЕ И ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА ОПАСНОСТТА ОТ ЗАМЪРСЯВАНЕ С ТММ

Картата на опасността от постъпване на тежки метали и металоиди на почвите във Видинската низина при потенциално наводнение е съставена в ArcGIS-среда с инструмента Spatial Analyst Tools – Map Algebra – Raster Calculator по формула 1, посочена по-горе.

Изчислените стойности на индексът *MeTo* за Видинската низина са в границите между 3–6. Дефинират се два класа на опасност от замърсяване с ТММ: *незначителна* (26,51 % от общата площ) и *ниска* (73,49 %) (фиг. 5 – приложение). От сравнението на фиг. 4. и фиг 5 се вижда, че нивата на опасност са тяс-



Фиг. 4. Карта на оценката (R) на формите на релефа (То)

но свързани с морфологията на низината. Високата заливна тераса и пясъчните гредове се характеризират с незначителна, а ниската заливна тераса с ниска опасност.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В публикацията е направена оценка на опасността от постъпване на тежки метали в почвите на Видинската низина при потенциално наводнение от р. Дунав с прилагане на новаторски подход, който съчетава ролята на геоморфологията и източника за постъпване на тези замърсители в речните наноси.

В ГИС среда от цифров модел на релефа с пространствена резолюция 1x1 m са изчертани напречни профили (фиг. 3 – приложение). Съставена е карта на формите на релефа на низината, класифицирани в три класа: ниска заливна тераса, висока заливна тераса и пясъчни гредове.

Изчислена е концентрацията в наносите на заливната речна тераса на следните елементи: Cu, Zn, Ni, As, Pb и Cr. Низината се характеризира със средна степен на замърсяване с тежки метали и металоиди на речните наноси, отложени в условия на прииждане.

На базата на анализа на съставената карта на опасността от постъпване на тежки метали и металоиди в почвата при потенциално наводнение от р. Дунав на цялата Видинската низина може да се направят следните изводи:

- Дефинирани са два класа на опасност: незначителна (26,51 % от общата площ на низината) и ниска (73,49 %).
- Високата заливна тераса и пясъчните гредове се характеризират с незначителна, а ниската заливна тераса с ниска опасност.
- Оценката на опасността, разработена с индексът MeTo, може да бъде включена като стъпка в оценката на риска от замърсяване на почвата с тежки метали и металоиди на Видинската низина при наводнение.

Благодарности

Това изследване е подкрепено от Министерството на образованието и науката в България в рамките на националната научна програма „Млади учени и постдокторанти“, одобрена с решение РМС № 577 от 17.08.2018 г. Авторът изказва голяма благодарност и на доц. д-р Цветан Коцев от НИГГГ – БАН, департамент География, секция „Физическа география“ за методическата помощ при разработването на индекса MeTo и за съвместните теренни изследвания.

ЛИТЕРАТУРА

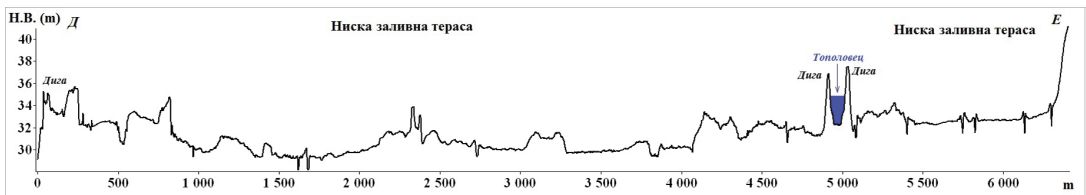
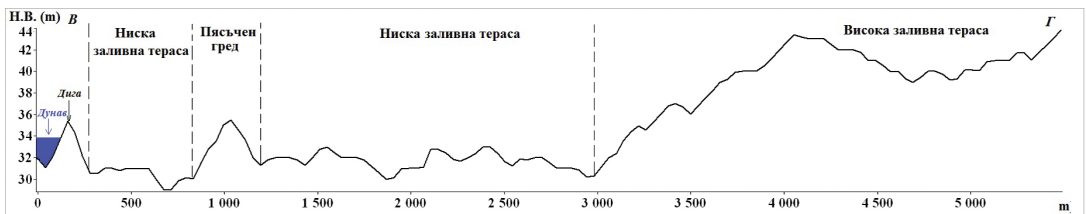
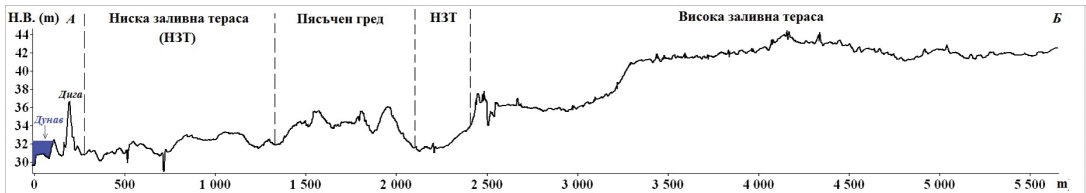
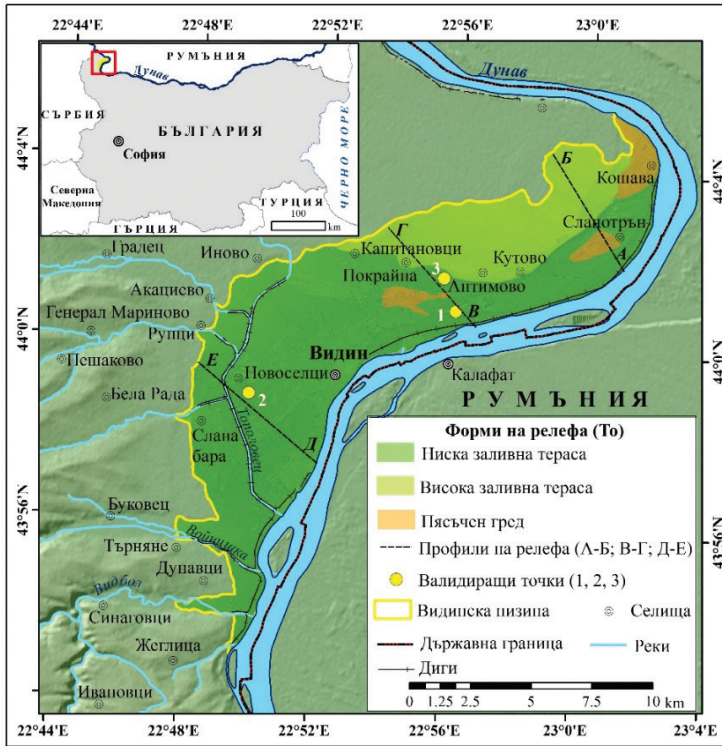
- Железов, Г.** (2014) Интегрирана оценка на природния и технологичния риск в Дунавската равнина в румънско-българския трансграничен участък Калафат–Видин–Турну Мъгуреле–Никопол. –Проблеми на географията, кн. 1–2, Изд. БАН „Проф. М. Дринов“, с. 3–10/ Zhelezov, G. (2014) Romanian – Bulgarian cross-border joint natural and technological hazards assessment in the Danube floodplain. The Calafat–Vidin–Turnu Magurele–Nikopol sector. *Problems of geography*, 1-2, Izd. BAN “Prof. M. Drinov”, p. 3-10. (Bg)
- Коцев, Ц., А. Бендерев, Г. Железов, С. Роман, А. Бела, М. Миклеан, М. Сима, М. Димитрашку** (2013) Технологични опасности. – В: Оценка и превенция на риска в Дунавската равнина (регион Калафат–Видин–Турну Магуреле–Никопол), ред.актор Г. Железов, С., ТерАрт, с. 186-256/ Kotsev, T., Benderev, A., Zhelezov, G., Roman, C., Bela, A., Miclean, M., Sima, M. and Dumitraşcu, M. (2013) Technological hazards. In: G. Zhelezov (ed.) Technical guide – Hazard assessment and mitigation in the Danube floodplain. Calafat–Vidin–Turnu Magurele–Nikopol sector. Sofia: TerArt, p. 186-256. (Bg)
- Мишев, К.** (1959) Геоморфоложки изследвания на Дунавската хълмиста равнина между реките Видбол и Огоста. – Известия на Географския институт, т. IV, Изд. БАН, С., с. 27-83/ Mishev, K. 1959. Geomorphologic investigations in Danube hilly plain

between the rivers Vidbol and Ogosta. *News from the Geographical institute*, 4, Izd. BAN, p. 27-83. (Bg)

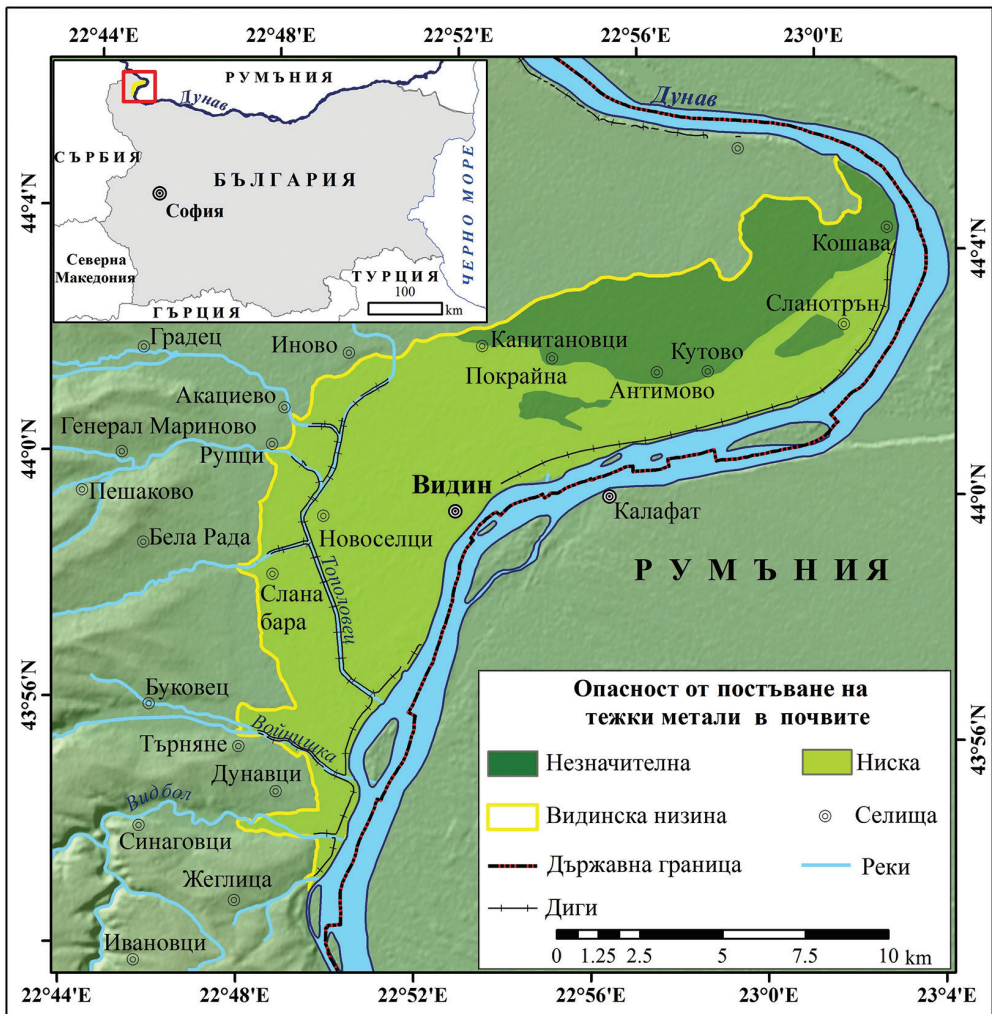
- Николова, М., С. Недков** (2013) Опасност от наводнения. – В: Оценка и превенция на риска в Дунавската равнина (регион Калафат–Видин–Турну Магуреле–Никопол), ред. Г. Железов, С., ТерАрт, с. 174-185/ Nikolova, M., S. Nedkov (2013) Flood hazard. In: G. Zhelezov (ed.) Technical guide – Hazard assessment and mitigation in the Danube floodplain. Calafat–Vidin–Turnu Magurele–Nikopol sector. Sofia: TerArt, pp. 174-185. (Bg)
- Стоянова, В., Цв. Коцев** (2020) Индекс MeTo за оценка на опасността от замърсяване с тежки метали на почвите на крайдунавските низини в България. – Проблеми на географията, кн. 1–2, Изд. БАН „Проф. М. Дринов“, 63-78/ Stoyanova, V., T. Kotsev (2020) Index MeTo for hazard assessment of heavy metal pollution of soil in the Danube lowlands in Bulgaria. *Problems of geography* 1-2, p. 63-78. (Bg)
- Черкезова, Е.** (2011) ГИС-базиран морфометричен анализ на българската част на Огражден и Югоизточна Малешевска планина. – География, 6, 3-11/ Tcherkezova, E. (2011) GIS-based geomorphometric analysis of the Bulgarian Part of Ograzhden and SE-Maleshevska Mountains (SW-Bulgaria). *Geography* 21, p. 3-11. (Bg)
- Черкезова, Е.** (2019) ГИС-базирана идентификация на формите на релефа в Арчаро-Орсойската низина (Северозападна България). – Проблеми на географията, кн. 3–4, Изд. БАН „Проф. М. Дринов“, 73-86/ Tcherkezova, E. (2019) GIS-based landform identification in archaro-orsoyska lowland (Northwestern Bulgaria). *Problems of geography*, 3-4, Izd. BAN “Prof. M. Drinov”, p. 73-86. (Bg)
- ***Векторна топографска карта на България за Garmin™ GPSr уреди** [Online]. <http://web.uni-plovdiv.bg/vedrin/> [Посетен: 13/01/2021]/ Vector topographic map of Bulgaria for Garmin™ GPSr devices [Online]. Available from: <http://web.uni-plovdiv.bg/vedrin/> [Assessed: 13/01/2021]
- ***Таблицы на адресно регистрираните по постоянен и по настоящ адрес лица** [Online]. https://www.grao.bg/tna/t41nm-15-12-2020_2.txt [Посетен: 13/02/2021]/ Tables of the persons registered at the permanent and current address [Online]. Available from: https://www.grao.bg/tna/t41nm-15-12-2020_2.txt [Assessed: 13/02/2021]
- Backman B., D. Bodis, P. Laherm, S. Rapant, T. Tarvainen** (1998) Application of a groundwater contamination index in Finland and Slovakia. *Environmental Geology*, 36(1–2), p. 55–64.
- Bird, G., P. Brewer, M. Macklin, M. Nikolova, T. Kotsev, C. Swain** (2010a) Dispersal of Contaminant Metals in the Mining-Affected Danube and Maritsa Drainage Basins, Bulgaria, Eastern Europe. *Water Air Soil Pollution* 206 (1), p. 105-127.
- Bird, G., P. Brewer, M. Macklin** (2010b) Management of the Danube drainage basin: implications of contaminant-metal dispersal for the implementation of the EU Water Framework Directive. *International Journal River basin management* 8 (1), p. 63-78.
- Bird, G., P. Brewer, A. Macklin, M. Nikolova, Ts. Kotsev, M. Mollov, S. Catherine** (2010c) Pb isotope evidence for contaminant-metal dispersal in an international river system: The lower Danube catchment, Eastern Europe. *Applied Geochemistry* 25 (7), p. 1070-1084.
- Ciszewski, D., T. Grygar** (2016) A Review of Flood-Related Storage and Remobilization of Heavy Metal Pollutants in River Systems. *Water Air Soil Pollut*, 227(239), 1-19.
- Hristov, S.** (2010) Circulation of some heavy metals in the freshwater ecosystem of the Srebarna biosphere reserve. *Ecology & Safety*, 4(2), p. 204-213.
- ICPDR** (2002) Joint Danube Survey 1, Technical Report, Peter Literathy, Veronika Koller-Kreimel, Igor Liška (eds.), International Commission for the Protection of the Danube River, Vienna, 254 p.

- Konradi, E., T. Frentiu, M. Ponta, C. Roman, A. Cozmuta, E. Cordos** (2006) Preliminary study regarding heavy metal pollution of soil around the Bozanta Mare tailing dam. *Environment&Progress* 6, p. 245-250.
- Liška, I., F. Wagner, M. Sengl, K. Deutsch, J. Slobodník (eds.)** (2015) Joint Danube Survey 3. Vienna: International Commission for the Protection of the Danube River.
- Macklin, M., P. Brewer, D. Balteanu, T. Coulthard, B. Driga, A. Howard, S. Zaharia** (2003) The long term fate and environmental significance of contaminant metals released by the January and March 2000 mining tailings dam failures in Maramures County, upper Tisa Basin, Romania. *Applied Geochemistry* 18, p. 241–257.
- Macklin M., P. Brewer, K. Hudson-Edwards, G. Bird, T. Coulthard, I. Dennis, P. Lechler, J. Miller, J. Turner** (2006) A geomorphological approach to the management of rivers contaminated by metal mining. *Geomorphology*, 79(3–4), 423-447.
- Mihai, S., J. Mather** (2003) Role of mineralogical structure of sediments in accumulation of radionuclides and trace elements. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 256 (3), p. 425-430
- Nikolova, M., S. Nedkov, V. Nikolov** (2012) Risk from natural hazards for the archeological sites along Bulgarian Danube bank. In Proceedings from European SCGIS Conference “Best practices: Application of GIS technologies for conservation of natural and cultural heritage sites”, SCGIS, p. 90-96.
- Pantelica, A., I. Georgescu, M. Oprica, C. Borcia** (1999) INAA and chemical analysis of water and sediments sampled in 1996 from the Romanian sector of the Danube river. *Czechoslovak Journal of Physics* 49 (1) p. 331-337.
- Pavlović, P., M. Mitrović, D. Đorđević, S. Sakan, J. Slobodnik, I. Liška, B. Csanyi, S. Jarić, O. Kostić, D. Pavlović, N. Marinković, B. Tubić, M. Paunović** (2015) Assessment of the contamination of riparian soil and vegetation by trace metals — A Danube River case study. *Science of The Total Environment* 540, p. 396-409.
- Ricking, M., K. Terytze** (1999) Trace metals and organic compounds in sediment samples from the River Danube in Russe and Lake Srebarna (Bulgaria). *Environmental Geology*, 37, p. 40–46.
- Stoyanova, V., T. Kotsev, R. Kretschmar, K. Barmettler** (2018) Concentration of arsenic in the soils of the Danube floodplain between the Timok River and the Vit River. SGEM Conference Proceedings, ISBN 978-619-7408-43-0/ISSN 1314-2704. Albena res., 30 June - 9 July, 2018, 18 (3.2), p. 71-78.
- Stoyanova, V., T. Kotsev, G. Zhelezov, M. Sima, E-A. Levei** (2019) Copper concentration in the soils of the Danube floodplain between the rivers Timok and Vit Northwestern Bulgaria. *European Journal of Geography* 10(2), p. 134-149.
- Tsherkezova, E.** (2004) GIS-gestützte geomorfologische Untersuchungen im nördlichen Teil der Bucht von Burgas (Schwarzmeerküste, Bulgarien). – Berliner Geographische Studien. Band 52 D 83, Berlin, 191 Seiten mit CD-Rom, ISBN 3 7983 1945 6.
- Tcherkezova, E.** (2015) GIS-based delineation and regionalization of geomorphographic units in the floodplain of Ogosta river between the settlement Gavril Genovo and the “Ogosta” reservoir (NW-Bulgaria). *Problems of geography*, 1-2, Izd. BAN “Prof. M. Drinov”, p. 114-122.
- Winkels, H., S.B. Kroonenberg, M.Y. Lychagin, G. Marin, G.V. Rusakov, N.S. Kasimov** (1998) Geochronology of priority pollutants in sedimentation zones of the Volga and Danube delta in comparison with the Rhine delta, *Applied Geochemistry* 13 (5), p. 581-591.
- Woitke, P., J. Wellnitz, D. Helm, P. Kube, P. Lepom, P. Litheraty** (2003) Analysis and assessment of heavy metal pollution in suspended solids and sediments in the River Danube. *Chemosphere* 51, p. 633–642.

- *** **ICPDR** (2008) Joint Danube Survey 2, Final Scientific Report, Igor Liška, Franz Wagner, Jaroslav Slobodník (eds.), International Commission for the Protection of the Danube River, Vienna, 242 p.
- *** **ICPDR** (2015) Joint Danube Survey 3, Final Scientific Report, Igor Liška, Franz Wagner, Manfred Sengl, Karin Deutsch, Jaroslav Slobodník (eds.), International Commission for the Protection of the Danube River, Vienna, 369 p.



Фиг. 3. Карта на релефа на Видинската низина; профили на релефа: А–Б, В–Г и Д–Е



Фиг. 5. Карта на опасността от замърсяване с ТММ в почвите на Видинската низина при потенциално наводнение от р. Дунав