

ВНЕСОК КІЛІЙСЬКОГО ГИРЛА ДУНАЮ У ЗАБРУДНЕННЯ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ

Дятлов С.Є. – к.б.н., доцент, п.н.с.

ДУ «Інститут морської біології Національної академії наук України
sergey.dyatlov@gmail.com

У середньому Дунай щорічно приносить у море близько 203 км³ води. Кілійський рукав відділяється від Дунаю в районі м. Рені. У 1900 р. до Кілійського рукава надійшло 70% води Дунаю, у 1957 р. – 62,5%, у 1985 р. – 58,7%, а в 1999 р. – лише 55,6%. Таким чином, тенденція визначає чутливе зменшення стоку у середньому на 0,173% на рік упродовж ХХ сторіччя. Розрахунки за 2005, 2010 та 2015 рр. показують частку стоку Кілійського рукава, що дорівнює відповідно 51,2%, 49,8% та 48,3% від загального стоку Дунаю. На полігоні «Узмор'я Кілійського рукава Дунаю» середній вміст ртуті становив 3,10±0,01 мкг·г⁻¹ с.р. (суха речовина), діапазон – 0,05–9,92 мкг·г⁻¹ с.р. Два піки вмісту ртуті спостерігалися на виході з Новостамбульського рукава Дунаю (8,85 мкг⁻¹ с.р., перевищення ТУ у 29,5 рази) та на виході зі Старостамбульського рукава (9,92 мкг⁻¹ с.р., перевищення ТУ у 33 рази). Завдяки високій водності Дунай помітно впливає на всю північно-західну частину Чорного моря. На полігоні «Одеський район Чорного моря» ртуть виявили на 70% станцій. Середній вміст ртуті тут становив 2,2±0,05 мкг·г⁻¹ д.в., діапазон – 0,00–0,69 мкг·г⁻¹ д.в. Оскільки загальний скид ртуті з місцевих джерел (очисні споруди міст Одеса, Чорноморськ та Південне, а також дренажних вод Одеси) становить лише 31,6 г на рік, то вочевидь, що ртуть до Одеського регіону Чорного моря потрапила з р. Дунай. Комплексний моніторинг узбережжя р. Дунай (2004–2011 рр.) показав, що щорічно з Кілійського рукава до Чорного моря у середньому надходить така кількість важких металів у розчиненій формі: 289,06 кг міді, 692,39 кг цинку, 142,03 кг нікелю та 26,68 кг кадмію, а у зваженому вигляді 780,13 кг міді, 2306,15 кг цинку, 526,18 кг нікелю та 37,44 кг кадмію. Загалом це становить: міді – 1066,19 кг, цинку – 2998,19 кг, нікелю – 668,21 кг, кадмію – 64,12 кг, нафтопродуктів – 8356,9 кг, завислої речовини – 5355,12 кг.

Ключові слова: Чорне море, дослідницькі полігони, вода, донні відклади, важкі метали.

Вступ

Річки, які впадають у Чорне море, щорічно приносять 350 км³ води, ще 300 км³ додають атмосферні опади. Водночас з поверхні моря випаровується 350 км³. Через те, що рівень Чорного моря на 10 см вищий за рівень Мармурового моря, в останній перетікає тонкий верхній шар води. Водночас глибинні води Мармурового моря перетікають у Чорне море (Rosati et al. 2018).

На Дунай припадає понад 60% води зі всіх річок, що впадають у Чорне море, і більше 35% надходження в нього всієї прісної води, включаючи опади (Левашова та ін. 2004). У середньому Дунай щорічно приносить у море близько 203 км³ води. Кілійський рукав відділяється від Дунаю в районі м. Рені. У 1900 р. до Кілійського рукава надійшло 70% води Дунаю, у 1957 р. – 62,5%, у 1985 р. – 58,7%, а в 1999 р. – лише 55,6%. Таким чином, тенденція визначає чутливе зменшення стоку у середньому на 0,173% на рік упродовж ХХ сторіччя (Лихоша 2004). Розрахунки за

2005, 2010 та 2015 рр. показують частку стоку Кілійського рукава, що дорівнює відповідно 51,2%, 49,8% та 48,3% від загального стоку Дунаю (Морозов, Михайлов 2004).

Якщо поточна тенденція перерозподілу водного стоку між Кілійським і Тульчинським рукавами Дунаю збережеться, можна використовувати таку формулу (Морозов, и Михайлов 2004):

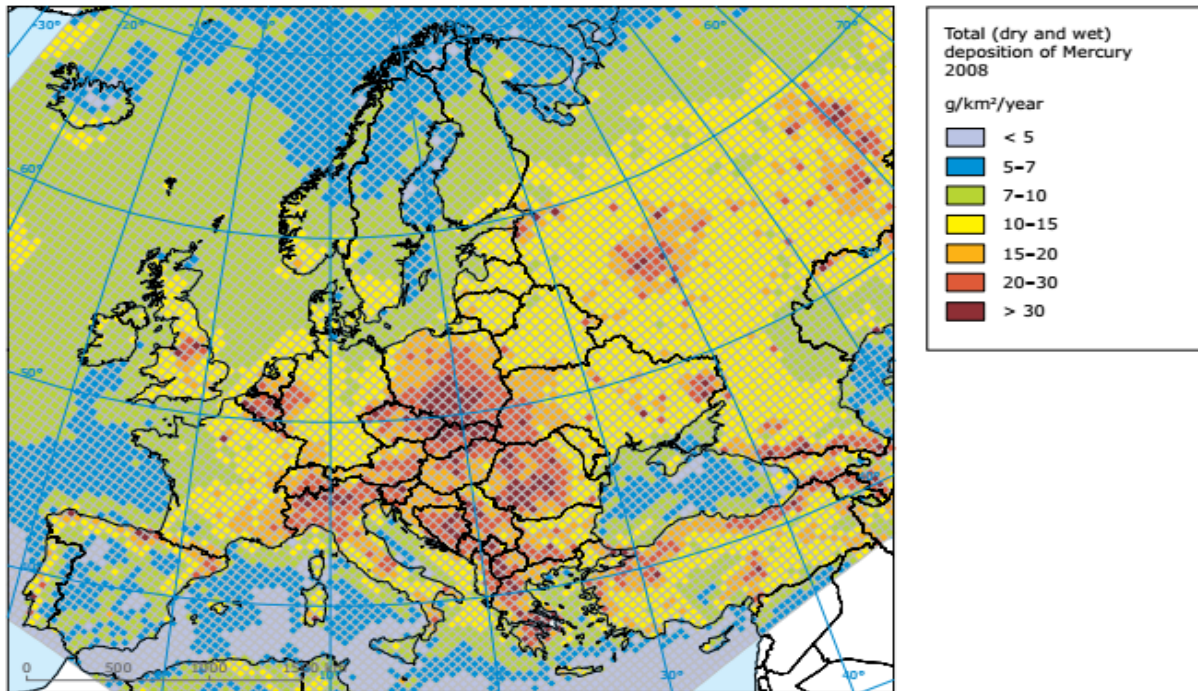
$$Q_{(k, \%)} = 8 \cdot [10]^{(-6)} (t-1850)^3 - 0,004 (t-1850)^2 + 0,3625(t-1850) + 60,$$

де

$Q_{(k, \%)}$ – відсоток загального стоку р. Дунай до Кілійського рукава;

t – число року.

За даними European Monitoring and Evaluation Programme (2001), ґрунти багатьох європейських країн забруднені ртуттю. Найбільша площа ґрунтів, забруднених цим надзвичайно небезпечним металом, у басейні Дунаю спостерігається в Румунії та Словаччині (рис. 1).



Source: European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP).

Рис. 1. Розподіл ртуті в ґрунтах Європи

Основним джерелом забруднення ґрунтів ртуттю є діяльність золотодобувних підприємств. Так, у 2000 р. з одного з таких об'єктів внаслідок руйнування дамб у Дунай були скинуті ціаніди та важкі метали (Кілійська частина ... 2001).

Про високий рівень забруднення північно-західної частини Чорного моря свідчать і інші науковці (Faschuk 2011; Dyatlov et al. 2018).

Мета роботи полягає у з'ясуванні внеску Кілійського гирла Дунаю у забруднення Чорного моря важкими металами та нафтопродуктами.

Матеріал та методи досліджень

Дослідження проводилися у період з 1993 по 2011 рр. на двох дослідницьких полігонах: «Узмор'я Кілійського гирла Дунаю» та «Одеський район ПнЗЧМ». Проби води відбиралися за допомогою багометра Молчанова об'ємом 20 л, проби донних відкладів – за допомогою дночерпака з площею захвату 0,10 м² у шарі 1–5 см. У лабораторії донні відклади висушували за кімнатної температури, гомогенізували та навішували зразки по 10 г на аналітичних терезах. Визначення вмісту важких металів у зразках проводили в Українському НДІ медицини транспорту за допомогою приладу Юлія-5к (третя модифікація). Діапазон вимірювання масової концентрації загальної ртуті від 0,01 до 10 мкг·г⁻¹ проводили у відповідності до методики (Методика ... 2012).

Мапи просторового розповсюдження ртуті на полігонах були побудовані з урахуванням вимог

Водної рамкової директиви ЄС (Water Framework Directive 2000). Критерієм якості донних відкладів виступали концентрації вмісту ртуті у донних відкладах, коли TV (target value, або «цільове значення») (Warmer, and van Dokkum 2002) перевищували 0,3 мкг⁻¹ у перерахунку на суху речовину (с.р.).

Результати та їх обговорення

1. Розподіл ртуті у донних відкладах морських полігонів у ПнЗЧМ.

Дослідження, проведені ДУ «Інститут морської біології НАН України», показали наявність ртуті в донних відкладах на всіх станціях моніторингу глибоководного суднового ходу «Дунай – Чорне море» в кількостях, що перевищують цільове значення ЄС (TV) для донних відкладів.

На узмор'ї Кілійського рукава Дунаю середній вміст ртуті становив 3,1±0,01 мкг·г⁻¹ с.р., діапазон – 0,05–9,92 мкг·г⁻¹ с.р. Два піки вмісту ртуті спостерігалися на виході з Новостамбульського рукава Дунаю (8,85 мкг·г⁻¹ с.р., перевищення TV у 29,5 рази) та на виході зі Старостамбульського рукава (9,92 мкг⁻¹ с.р., перевищення TV у 33 рази) (рис. 2).

Завдяки своїй високій водності р. Дунай помітно впливає на всю північно-західну частину Чорного моря. В Одеському районі Чорного моря ртуть виявили на 70% станцій. Середній вміст ртуті тут становив 2,2±0,05 мкг·г⁻¹ с.р., діапазон – 0,00–0,69 мкг·г⁻¹ с.р. (рис. 3).

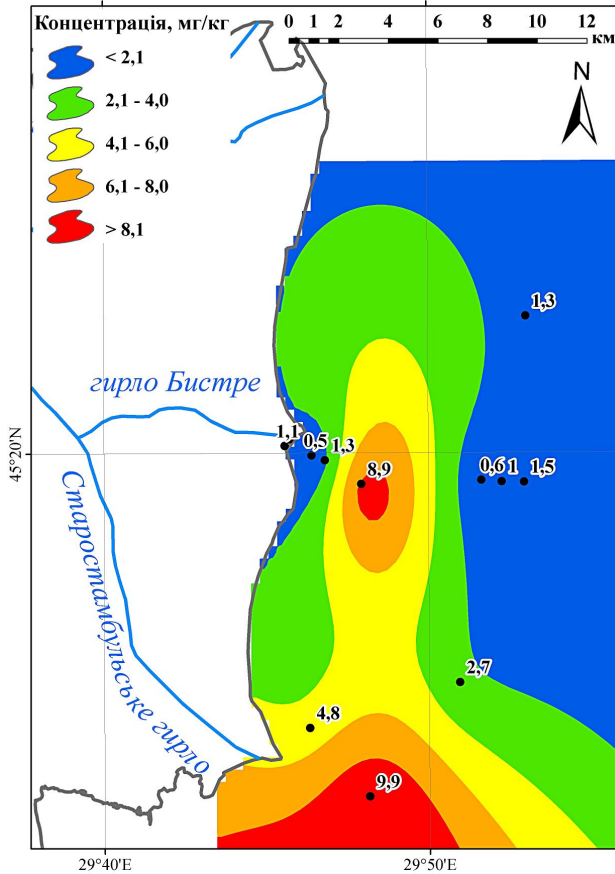


Рис. 2. Розподіл ртуті у донних відкладах полігону «Узмор'я Кілійського гирла Дунаю»

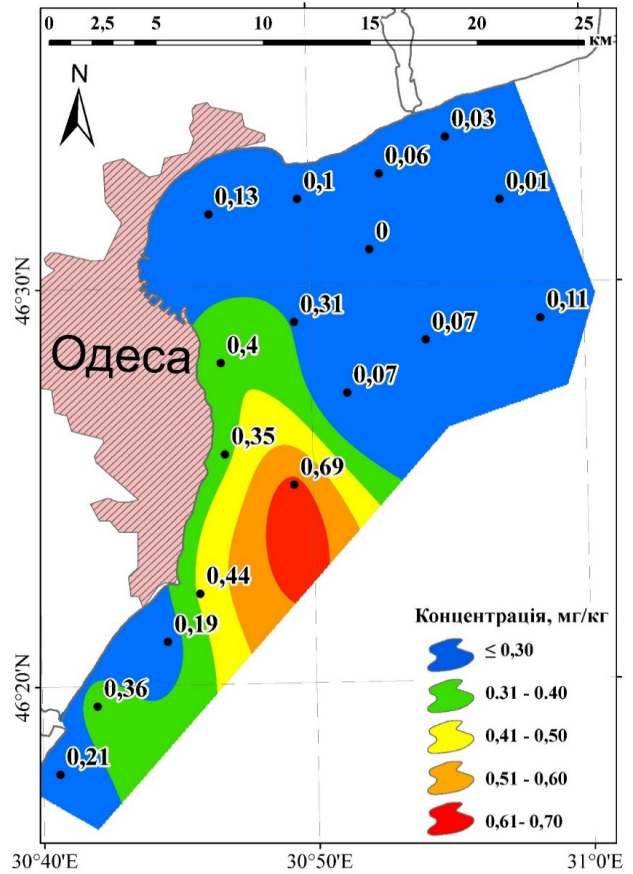


Рис. 3. Розподіл ртуті у донних відкладах полігону «Одеський регіон ПнЗЧМ»

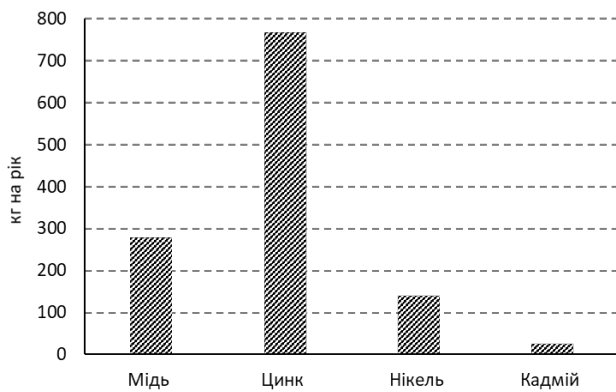


Рис. 4. Розчинена форма важких металів, що щорічно надходить до Чорного моря з Кілійського гирла

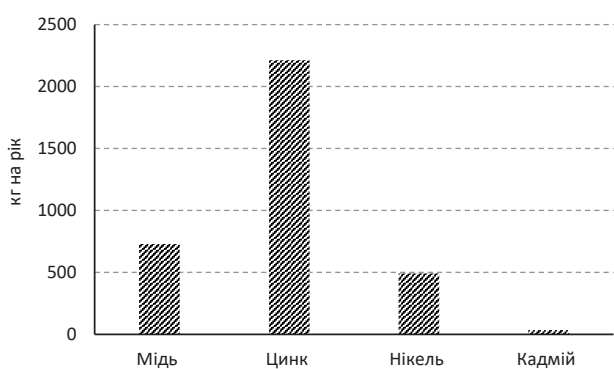


Рис. 5. Зависла форма важких металів, що щорічно надходить до Чорного моря з Кілійського гирла

Оскільки загальний скид ртуті з місцевих джерел (очисні споруди міст Одеса, Чорноморськ, Південне, а також дренажних вод Одеси) становить лише 31,6 г на рік, очевидно, що ртуть до Одеського регіону Чорного моря потрапила з р. Дунай.

2. Винос забруднюючих речовин з Кілійського гирла Дунаю до Чорного моря.

Багаторічний моніторинг узбережжя р. Дунай показав, що щорічно з Кілійського рукава до Чорного моря у середньому надходить розчинена форма

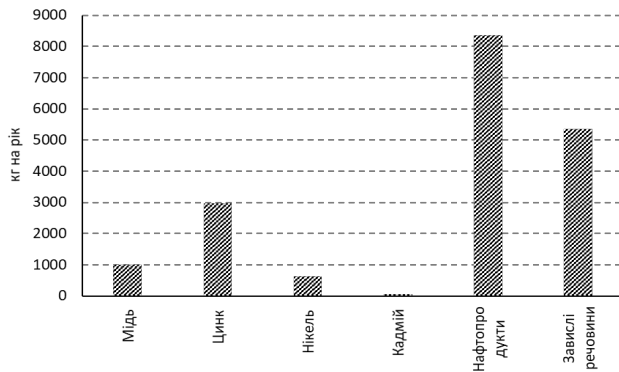


Рис. 6. Загальний об'єм важких металів, нафтопродуктів та завислих речовин, що щорічно надходять до Чорного моря з Кілійського гирла

важких металів у кількості: 289,06 кг міді, 692,39 кг цинку, 142,03 кг нікелю та 26,68 кг кадмію (рис. 4), а зависла форма – 780,13 кг міді, 2306,15 кг цинку, 526,18 кг нікелю та 37,44 кг кадмію на рік (рис. 5).

У середньому на рік з Кілійського рукава до Чорного моря надходить така кількість важких металів у зваженому вигляді: 780,13 кг міді, 2306,15 кг цинку, 526,18 кг нікелю та 37,44 кг кадмію. Загалом це становить: міді – 1066,19 кг, цинку – 2998,19 кг, нікелю – 668,21 кг, кадмію – 64,12 кг, нафтопродуктів – 8356,9 кг, завислої речовини – 5355,12 кг (рис. 6).

Висновки

1. Головним джерелом забруднення Чорного моря ртуттю виступають підприємства промисловості, тому у разі зменшення об'єму води, яка

щорічно проходить по Кілійському гирлу Дунаю, та у разі збереження джерел забруднення, що розташовані на суші, концентрація ртуті у Дунаї буде зростати.

2. На узбережжі Кілійського рукава Дунаю ртуть виявлена у кожній пробі, а середній вміст ртуті становив $3,1 \pm 0,01$ мкг·г⁻¹ с.р., діапазон 0,05–9,92 мкг·г⁻¹ с.р. Два піки вмісту ртуті спостерігалися на виході з Новостамбульського рукава Дунаю (8,85 мкг·г⁻¹ с.р., перевищення TV у 29,5 рази) та на виході зі Старостамбульського рукава (9,92 мкг·г⁻¹ с.р., перевищення TV у 33 рази).

3. В Одеському районі Чорного моря ртуть виявили на 70% станцій. Середній вміст ртуті тут становив $2,2 \pm 0,05$ мкг·г⁻¹ с.р., діапазон – 0,00–0,69 мкг·г⁻¹ с.р. Оскільки загальний скид ртуті з місцевих джерел (очисні споруди міст Одеса, Чорноморськ, Південне, а також дренажних вод Одеси) становить лише 31,6 г на рік, очевидно, що ртуть до Одеського регіону Чорного моря потрапила з р. Дунай.

4. Комплексний моніторинг узбережжя Дунаю (2004–2011 рр.) показав, що щорічно з Кілійського рукава до Чорного моря у середньому надходить така кількість важких металів у розчиненій формі: 289,06 кг міді, 692,39 кг цинку, 142,03 кг нікелю та 26,68 кг кадмію, а у зваженому вигляді 780,13 кг міді, 2306,15 кг цинку, 526,18 кг нікелю та 37,44 кг кадмію. Загалом це становить: міді – 1066,19 кг, цинку – 2998,19 кг, нікелю – 668,21 кг, кадмію – 64,12 кг, нафтопродуктів – 8356,9 кг, завислої речовини – 5355,12 кг.

Список використаних джерел

1. Килийская часть дельты Дуная весной 2000 г.: состояние экосистем и последствия техногенных катастроф в бассейне / под ред. Б.Г. Александрова. Одесса : Одесский филиал Института биологии южных морей, 2001. 128 с.
2. Левашова Е.В., Михайлов В.Н., Морозов В.Н. Годовой сток воды Дуная в вершине дельты. *Гидрология дельты Дуная*. М.: ГЕОС, 2004. С. 59–74.
3. Лихоша Л.В. Кілійська частина дельти Дунаю та її сучасна динаміка. *Вісник Одеського національного університету. Географія і геологія*. 2004. Вип. 9. С. 56–67.
4. Методика измерений массовой концентрации (массовой доли) доли ртути общей в почвах, грунтах, донных отложениях, иле, осадках сточных вод, шламах, твердых и жидких отходах атомно-абсорбционным методом Р 76/191. ФР.131.2018.30880. М. 2012. 24 с.
5. Морозов В.Н., Михайлов В.Н. Ожидаемое перераспределение стока воды по водотокам дельты. *Гидрология дельты Дуная*. М.: ГЕОС, 2004. С. 130–134.
6. Despina C., Teodorof L., Burada A., Seceleanu-Odor D., Țigănuș M., Tudor I., Ibram O., Spiridon C., Năstase A., Țiganov G., Ene A. Danube Delta Biosphere Reserve – ten years of toxic substance investigations. *Annals of "Dunarea De Jos" University of Galati. Mathematics,*

- Physiks, Teoretical Mechanics*. 2007. Fascicle II, Year IX (XL). № 1. P. 55–60.
7. Dyatlov S.Ye., Bogatova Yu.I., Zaporozhets S.O., Lukianova Ye.A. Data Base of Institute of Biology of Ukrainian National Academy of Sciences: Polygons in Northwestern part of the Black Sea. *Geoinformatika*. 2018. № 3 (67). С. 5–13.
8. Fashchuk D.Ya. Marine ecological geography: Theory and experience. Springer, 2011. 431 p.
9. Rosati G., Heimbürger L.E., Melaku Canu D., Lagane L.J., Solidoro C.N., Gencarelli C.N., Hedgercock I.M., De Baar H.J.W., Sonke J.E. Mercury in the Black Sea: New Insights from Measurements and Numerical Modeling. *Global Biochemical Cycles. AGU Publication*, research article. 32. P. 529–550.
10. Warmer H., van Dokkum R. Water pollution control in the Netherlands: Policy and practice 2001. Lelystad, 2002. 77 p.
11. Water Framework Directive (Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October, 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy). *Official Journal of the European Union*. 2000. Vol. 327. P. 1–73.

References

1. Aleksandrov, B.G. (Eds.). (2001). *Kiliyskaya chast' del'ty Dunaya vesnoy 2000 g.: sostoyaniye ekosistem i posledstviya tekhnogennykh katastrof v bassejne [Kilian part of Danube delta in spring of 2000: state of ecosystems and consequences of technogenic disasters in the basin]*. Odessa: Odessa branch of the Institute of Biology of the Southern Seas [in Russian].
2. Levashova, E.V., Mikhailov, V.N., & Mbaseyneorozov, V.N. (2004). Godovoy stok vody Dunaya v vershine del'ty [Annual water flow of the Danube at the top of the delta]. *Gidrologiya del'ty Dunaya – Hydrology of the Danube Delta*, pp. 59–74. M.: GEOS [in Russian].
3. Likhosha, L.V. (2004). Kiliys'ka chastyna del'ty Dunayu ta yiyi suchasna dynamika [Dynamics of the Kiliya part of Danube delta]. *Visnyk Odes'koho natsional'noho universytetu. Geography and geology – Odesa National University Herald. Geography & Geology*, 9, 56–67 [in Ukrainian].
4. Methodology for measuring the mass concentration (mass fraction) of total mercury in soils, grounds, bottom sediments, silt, sewage sludge, sludge, solid and liquid waste using the atomic absorption method R 76/191. (2012). FR.131.2018.30880. M.
5. Morozov, V.N., & Mikhailov, V.N. (2004). Ozhidayemoye pereraspredeleniye stoka vody po vodotokam del'ty [Expected redistribution of water flow along the delta watercourses]. *Gidrologiya del'ty Dunaya – Hydrology of the Danube Delta*, pp. 130–134. M.: GEOS [in Russian].
6. Despina, C., Teodorof, L., Burada, A., Seceleanu-Odor, D., Țigănuș, M., Tudor, I. et al. (2007). Danube Delta Biosphere Reserve – ten years of toxic substance investigations. *Annals of “Dunarea De Jos” University of Galati. Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics, Fascicle II, Year IX (XL), 1*, 55–60.
7. Dyatlov, S.Ye., Bogatova, Yu.I., Zaporozhets, S.O., & Lukianova, Ye.A. (2018). Data Base of Institute of Biology of Ukrainian National Academy of Sciences: Polygons in Northwestern part of the Black Sea. *Geoinformatika*, 3(67), 5–13.
8. Fashchuk, D.Ya. (2011). *Marine ecological geography: Theory and experience*. Springer.
9. Rosati, G., Heimbürger, L.E., Melaku Canu, D., Lagane, L.J., Solidoro, C.N., Gencarelli, C.N. et al. (2018). Mercury in the Black Sea: New insights from measurements and numerical modeling. *Global Biogeochemical Cycles*, 32, 529–550.
10. Warmer, H., & van Dokkum, R. (2002). *Water pollution control in the Netherlands: Policy and practice 2001*. Lelystad.
11. Water Framework Directive (Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October, 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy) (22 December, 2000). *Official Journal of the European Union*, 327, 1–73.

THE CONTRIBUTION OF THE KILIA BRANCH OF THE DANUBE TO POLLUTION NORTHWESTERN PART OF THE BLACK SEA

Dyatlov S. Ye., PhD, leading researcher

Institute of Marine Biology of the NAS of Ukraine, sergey.dyatlov@gmail.com

The Danube River accounts for more than 60% of the river's inflow into the Black Sea, and more than 35% of the inflow of all freshwaters into it, including precipitation. On average, the Danube annually brings about 203 km³ of water to the sea. The Kiliya Branch is separated from the Danube in the Reni area. In 1900, 70% of the Danube water entered the Kiliya Branch, in 1957 – 62.5%, in 1985 – 58.7%, and in 1999 – only 55.6%. Thus, the trend determines a sensitive decrease in runoff by an average of 0.173% per year during the 20th century. Calculations for 2005, 2010 and 2015 show the share of the runoff of the Kiliya Branch, equal to 51.2%, 49.8 % and 48.3% of the total flow of the Danube respectively. Due to its high-water content, the Danube has a noticeable impact on the entire northwestern part of the Black Sea. In the Odessa region of the Black Sea, mercury was found at 70% of the stations. The average mercury content here was 2.20±0.05 μg · g⁻¹ dw, the range was 0.00–0.69 μg · g⁻¹ dw. Since the total discharge of mercury from local sources (treatment facilities in Odessa, Chornomorsk and Pivdenyi, as well as drainage water in Odessa) is only 31.6 g per year, it is obvious that mercury was brought to the Odessa region of the Black Sea from the Danube. Long-term monitoring of the Danube seaside showed that annually from the Kiliya Branch to the Black Sea on average come the following amounts of dissolved form of heavy metals: 289.06 kg of copper, 692.39 kg of zinc, 142.03 kg of nickel and 26.68 kg of cadmium, and in suspended form 780.13 kg of copper, 2306.15 kg of zinc, 526.18 kg of nickel and 37.44 kg of cadmium. In general, it is: copper – 1066.19 kg, zinc – 2998.19 kg, nickel – 668.21 kg, cadmium – 64.12 kg, oil – 8356.9 kg, suspended matter – 5355.12 kg.

Key words: Black Sea, research sites, water, bottom sediments, heavy metals.