

ЗАГАЛЬНА, МОРСЬКА ГЕОЛОГІЯ ТА ПАЛЕОНТОЛОГІЯ

УДК 551.466.8:551.3.053(262.5:498.282.54)

[https://doi.org/10.18524/2303-9914.2025.1\(46\).332408](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2025.1(46).332408)

М.Г. Золотарьов, аспірант

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,

кафедра океанології та морського природокористування

вул. Змієнка Всеволода, 2, м. Одеса, 65082, Україна

zolotarev.maksim89@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0004-3697-2706>

СУЧАСНА РЕСЕДИМЕНТАЦІЯ ДОННИХ ВІДКЛАДЕНЬ ДУНАЙСЬКОГО РАЙОНУ ЧОРНОГО МОРЯ

У статті представлено дослідження вторинного замулення донних відкладів у північно-західній частині Чорного моря, зокрема в Дунайському районі. Розглядаються причини та наслідки цього процесу, включаючи вплив річкового стоку, гідрологічних фронтів та господарської діяльності людини, такої як дампінг і днопоглиблювальні роботи. Описано методи відбору проб та наведено результати екологічного моніторингу за період 2019–2020 рр., з оцінкою стану замулення, його поширення та потужності шару намулку на різних дослідницьких станціях.

Ключові слова: Чорне море, Дунайський район, реседиментація, дампінг

ВСТУП

Зміни в донних відкладеннях північно-західної частини Чорного моря, відомі як вторинне замулення або реседиментація, зумовлені комплексом причин. Проте, згідно з дослідженнями І.О. Сучкова та О.Є. Фесюнова (1996), вирішальний вплив на геохімічні та седиментаційні процеси мають два основні фактори:

- зміна річкового стоку, що пов'язана із зарегулюванням стоку річок і викликає зміни в загальному балансі надходження осадового матеріалу;
- зміна складу річного стоку, що обумовлена розвитком промисловості, енергетики, сільського господарства.

Води північно-західного шельфу Чорного моря значною мірою формуються завдяки стоку чотирьох великих річок: Дніпра, Південного Бугу, Дністра та Дунаю. Ці річки забезпечують близько 80% всього річкового притоку в Чорне море, що в середньому становить 260 км³ на рік (Наседкін, 2002).

Характерною рисою шельфової зони є наявність гідрологічних фронтів, які виникають уздовж берегової лінії внаслідок змішування прісних річкових і солоних морських вод. У районах впливу Дунаю, Дністра та Дніпра гідрохімічні

фронти простягаються у прибережній смузі на 20–30 кілометрів. У цих зонах гідрологічних фронтів спостерігається прискорення процесу осідання завислих речовин (седиментації) через їхнє злипання (коагуляцію) у гирлових областях річок, згідно з дослідженнями Є.П. Ларченкова та О.П. Чередниченка (1996).

Господарська діяльність людини на морському шельфі призводить до специфічного забруднення, яке за характером впливу на морські екосистеми можна поділити на два основні типи (Г. Кравчук, О. Кравчук, Г. Золотарьов, М. Золотарьов, 2017). До першого типу належать такі види діяльності, як днопоглиблювальні роботи, дампінг ґрунтів, розвідка та експлуатація нафтогазових родовищ; до другого типу – видобуток будівельних матеріалів та будівництво берегозахисних споруд і донний траловий вилов риби.

Під терміном «дампінг» розуміють загальний обсяг відходів, що навмисно скидаються в море для захоронення. За наявними даними, дампінг становить 10% від загальної кількості забруднюючих речовин, які потрапляють у Світовий океан. Днопоглиблювальні роботи є особливим видом господарської діяльності, оскільки як виїмання, так і розміщення ґрунту здійснюються безпосередньо у водне середовище. За інформацією Ю.П. Зайцева (1992), щорічно в північно-західній частині Чорного моря відбувається скидання близько 5 мільйонів тон ґрунту.

Дампінг має значний вплив на морські екосистеми, який може бути як довготривалим, так і тимчасовим. До довготривалих наслідків належать зміни рельєфу дна та якісного складу донних відкладів, що, своєю чергою, призводить до змін гідродинамічного та літодинамічного режимів, а також умов проживання морських організмів. Тимчасовий вплив під час проведення скидання ґрунту проявляється у підвищенні каламутності води та вторинному забрудненні, особливо при вилученні ґрунту на ділянках з високим рівнем техногенного забруднення, таких як акваторії портів.

У 1980-х роках на північно-західному шельфі Чорного моря за даними Ю.П. Зайцева (1992) було зафіксовано появу значної кількості раніше невідомого геологічного утворення – напіврідкої гелеподібної маси, що майже повністю складалася з пелітового матеріалу. Цю речовину назвали намулом.

Вторинне замулення проявляється у вигляді осаду (намулу) жовто-бурого кольору, який за своїм гранулометричним складом представлений переважно пелітовою фракцією (розмір частинок менше ніж 0,005 мм). За мінеральним складом ці мули є гідрослюдисто-монтморилонітовими (рис. 1).

Більшість дослідників пов'язували утворення цього намулу з промисловим виловом чорноморського шпроту донними тралами поблизу Тарханкутського півострова. У минулому столітті намул був поширений майже на всій східній частині шельфу. Товщина його шару зазвичай становила кілька сантиметрів, але в заглибинах могла сягати 40–50 см.



Рис. 1. Ознаки замулення в донних відкладеннях

Основна *мета* цього дослідження полягає в тому, щоб визначити межі поширення вторинного замулення донних відкладів у Дунайському районі Чорного моря, яке було зафіксовано під час експедицій Українського наукового центру екології моря (УкрНЦЕМ) у період з 1998 по 2020 роки (Г. Золотарьов, 2018).

Об'єктом дослідження є сучасні голоценові донні відклади джеметинського ярусу (Q_{IVdj}) північно-західної частини Чорного моря та прибережна зона річки Дунай.

Одним із *завдань* геоecологічних досліджень у прибережній зоні Дунаю стала необхідність оцінити рівень замулення донних відкладів, визначити його поширення, товщину, колір і консистенцію.

Під час моніторингу Дунайського узмор'я, як у підхідному каналі Дунай – Чорне море, так і у відкритій морській частині, також було виявлено явище вторинного замулення донних відкладів. Найбільш інтенсивне замулення поверхні дна спостерігається в районі скидання ґрунту в прибережній зоні підходу до гирла Бистре (В. Український, Г. Золотарьов, М. Золотарьов, 2021). Потужність шару вторинного замулення в гирлових районах Дунайського узмор'я варіюється від кількох міліметрів до 2,5–10 см (рис. 2).

У прибережній зоні Дунаю також спостерігається зависле замулення в районах його гирл та їх продовження в море. Це явище зумовлене осіданням речовин, що транспортуються водами річкового стоку Дунаю.

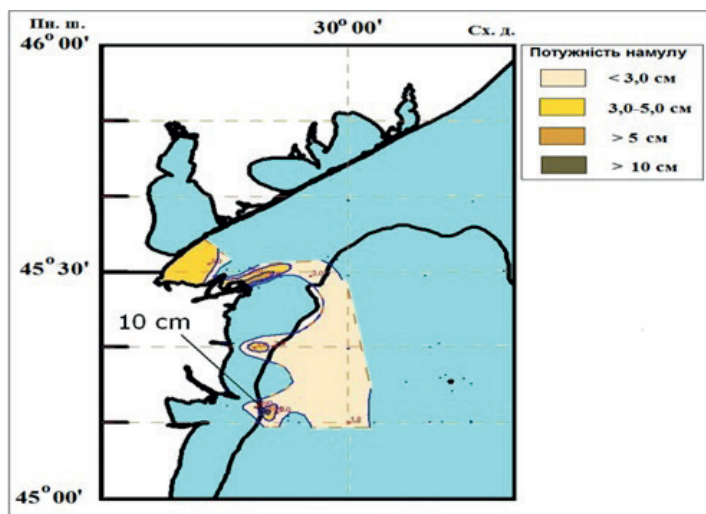


Рис. 2. Потужність вторинного замулення в пригирлових районах узмор'я Дунаю (Український, Золотарьов, Золотарьов, 2021, с. 17)

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

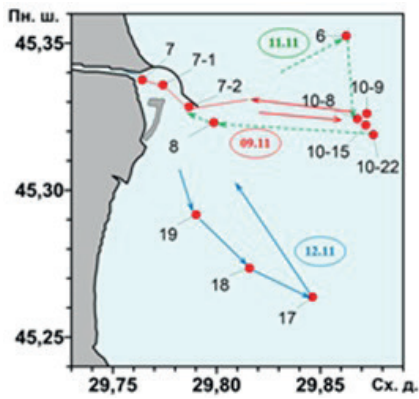
Дослідження, представлені у статті, виконувались автором у складі наукової групи НДУ «Український науковий центр екології моря» в рамках НДР «Базова оцінка та визначення Доброго екологічного стану (ДЕС) морського середовища Чорного моря в межах виключної морської економічної зони України» (Український, Золотарьов, Золотарьов, 2021, с. 17).

Пробовідбір здійснювався в межах Придунайського полігону екологічного моніторингу на 12 моніторингових станціях в діапазоні глибин моря від 4,5 м до 26 м чотири рази з листопада 2019 р. по жовтень 2021 року (рис. 3).

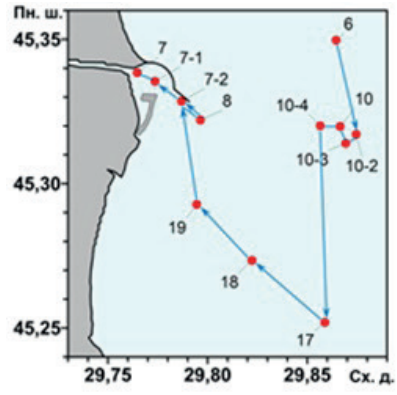
Зразки поверхневого шару морських відкладів були отримані за допомогою дночерпака ДЧ-0.1 з площею захвату донного субстрату 0,1 м² (рис. 4). Після підняття пристрою на борт проводилося детальне описування отриманого матеріалу, включаючи тип осаду, його колір, консистенцію, наявність морських організмів (фауни) та запах.

Дослідження включали вимірювання температури поверхневої та придонної води, визначення поширення замулення донних відкладів та оцінку прозорості води. Було проведено аналіз стану замулення морських донних відкладів залежно від товщини шару намулу. У цьому дослідженні прийнято критерій, згідно з яким товщина намулу менше ніж 5 мм свідчить про задовільний стан дна, а товщина понад 5 мм – про незадовільний.

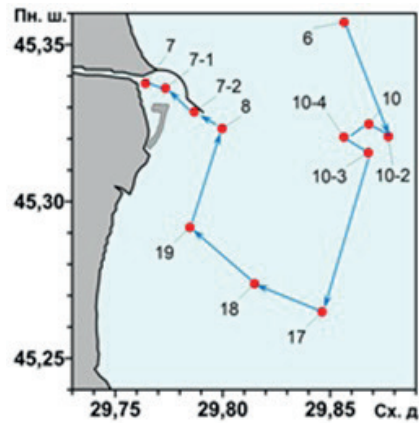
На кожній досліджуваній станції здійснювався відбір проб поверхневої та придонної води для подальших гідрохімічних досліджень, а також відбір проб донних відкладів з метою їх хіміко-аналітичного дослідження на наявність забруднювачів та для визначення гранулометричного складу.



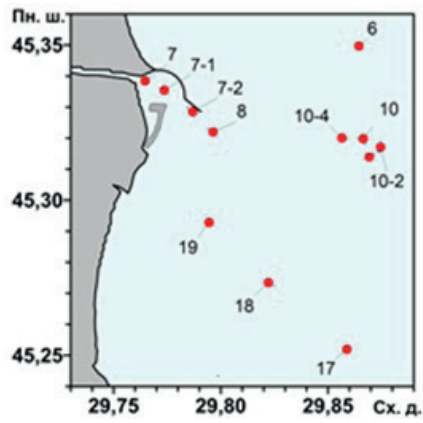
09–12.11.2019 р.



11.08.2020 р.



15.05.2021 р.



23–26.10.2021 р.

Рис. 3. Схема розташування станцій оцінки реседиментації Придунайського полігону і дати пробовідбору



Рис. 4. Устаткування для відбору проб (дночерпак) та процес пробовідбору

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ АНАЛІЗ

Результати проведених досліджень показали незадовільний екологічний стан дна Чорного моря в межах Придунайського полігону в певних ділянках дна.

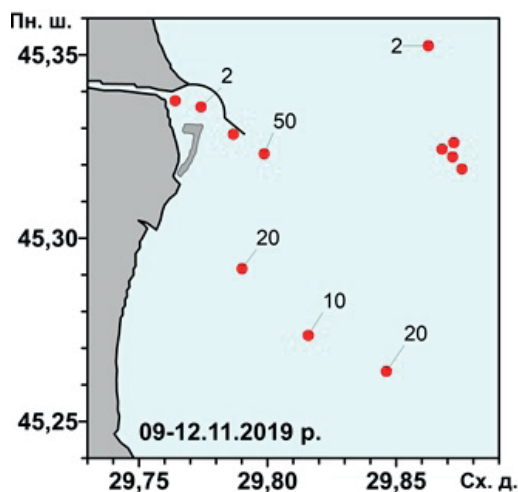


Рис. 5. Розподіл намулку (в мм) в межах Дунайського полігону екологічного моніторингу на північно-західному шельфі Чорного моря (станом на 09–12.11.2019 р.)

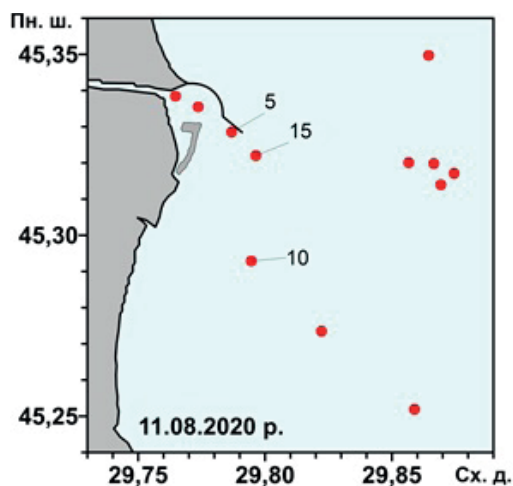


Рис. 6. Розподіл намулку (в мм) в межах Дунайського полігону екологічного моніторингу на північно-західному шельфі Чорного моря (станом на 11.08.2020 р.)

При оцінці стану морського дна цієї частини шельфу Чорного моря у листопаді 2019 року виявлена ділянка, де товщина намулу була більше 10 мм і навіть досягала 50 мм, що характеризує її як ділянку з поганим екологічним станом (рис. 5). Станції з таких високим вмістом намулку розташовані одна біля одної, що дає можливість впевнено робити висновки про закономірний характер розподілу намулку. Ще на 2-х станціях намулок був наявний, проте не в такій кількості, завдяки чому решту району досліджень можна характеризувати як район із задовільним екологічним станом по параметру реседиментації на морському дні.

Оцінка ознак реседиментації на морському дні на тих же станціях, здійснена через 9 місяців потому, в літній період, у серпні 2020 року (рис. 6), показала суттєве поліпшення стану морського дна щодо реседиментаційних процесів. Площа поширення намулку скоротилась, товщина його стала меншою. Лише на 3-х з 12-ти станцій відмічена його наявність. Причому на одній – не критичного рівня (5 мм). Слід відзначити, що район вкриття дна намулком залишився успадкованим від попередніх досліджень листопада 2019 року, хоча масштаби прояву реседиментації скоротились.

У травні 2021 р. за результатами моніторингової оцінки виявлено,

що стан дна знову погіршився, товщина намулку на деяких станціях знову досягала 20–30 мм (рис. 7). І хоча рівень проявів реседиментації і не досяг масштабів 2019 року, тим не менш знову на тій самій ділянці в західній частині полігону на 4-х станціях за реседиментаційним параметром стан морського дна знову був оцінений як поганий.

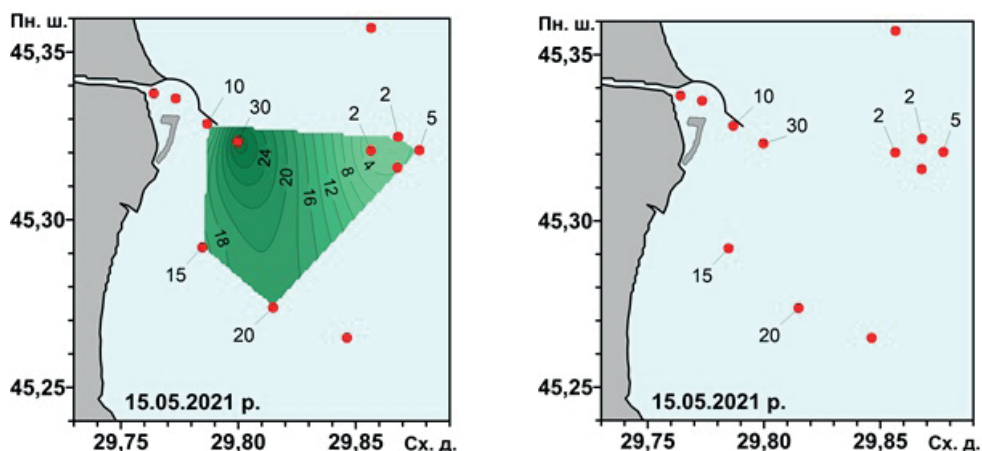


Рис. 7. Розподіл намулку (в мм) в межах Дунайського полігону екологічного моніторингу на північно-західному шельфі Чорного моря (станом на 15.05.2021 р.)

Враховуючи погіршення стану морського дна, 5 місяців потому, в осінній період у жовтні 2021 року знову була проведена моніторингова оцінка (рис. 8). Результати оцінки показали, що після літнього періоду потужність намулку зменшилась по всьому району, хоча наявність його зафіксована на більшості станцій, роблячи прояви реседиментації фоновими практично по всьому полігону моніторингу.

Виявлені зміни у наявності і потужності шару намулу на поверхні донних відкладів з часом на одних й тих самих точках екологічного моніторингу ілюструє таблиця 1, згідно якої добре видно, що в західній частині полігону існує ділянка з періодичною активізацією реседиментаційних процесів

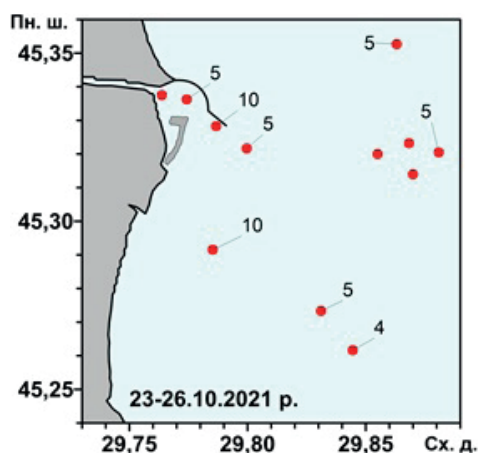


Рис. 8. Розподіл намулку (в мм) в межах Дунайського полігону екологічного моніторингу на північно-західному шельфі Чорного моря (станом на 23–26.10.2021р.)

(станції 7–2, 8, 17, 18, 19), в межах якої екологічний стан щодо стану дна реседиментаційних процесів оцінюється як поганий.

Решта ділянки екологічного моніторингу характеризується задовільним станом за цією ознакою. Реседиментаційні процеси проявляються там тимчасово і на рівні, допустимому для відновлення морської геоекосистеми.

Таблиця 1

**Просторово-часові зміни товщини намулу на поверхні донних відкладів
в межах Придунайського полігону екологічного моніторингу**

Станція моніто- рингу	Глибина моря, м (від-до) в залежності від часу пробо- відбору	Товщина намулу, мм			
		09–12.11.2019 р.	11.08.2020 р.	15.05.2021 р.	23–26.10.2021 р.
6	22,0–22,4	2	-		5
7	4,6–605	-	-	-	-
7–1	4,5–5,5	2	-		5
7–2	5,5–6,0	-	5	10	10
8	10,0–12,0	50	15	30	5
10	20,0–21,2	-	-	2	
10–2	23,2–24,2	-	-	5	5
10–3	18,5–23,0	-	-	-	-
10–4	19,0–19,9	-	-	2	-
17	23,0–25,4	20	-	-	4
18	19,0–21,0	10	-	20	5
19	9,6–12,0	20	10	15	10

ВИСНОВКИ

У сучасний період посилення господарської діяльності людини в межах усього північно-західного шельфу Чорного моря загалом впливає на процеси вторинного замулення морського дна.

Під час моніторингу Дунайського узмор'я у 2021 році як у підхідному каналі Дунай – Чорне море, так і у відкритій морській частині було задокументовано явище вторинного замулення донних відкладів.

У підхідному каналі спостерігається інтенсивна сучасна реседиментація. При наближенні до каналу інтенсивність цього процесу є високою, про що свідчать значні показники товщини намулу на станції 8 у різні періоди спостережень: листопад 2019 року – 50 мм, серпень 2020 року – 15 мм, травень 2021 року – 30 мм, жовтень 2021 року – 50 мм. Це зумовлено осіданням завислих

речовин при сповільненні течії Дунаю на виході з каналу, що вказує на несприятливу екологічну ситуацію у цьому водному районі.

Район звалища ґрунтів є зоною сучасної антропогенної реседиментації, проте явні ознаки замулення там майже відсутні. Визначити потужність відкладів на звалищі неможливо через відсутність відповідних технічних засобів. Екологічну ситуацію в цьому районі можна охарактеризувати як негативну, оскільки значна площа звалища вкрита відкладеннями, що постійно скидаються землечерпальною технікою.

На південь від звалища ґрунтів спостерігається висока інтенсивність сучасної реседиментації, що вказує на несприятливу екологічну обстановку в цій зоні на момент проведення досліджень.

Висока активність реседиментаційних процесів становить загрозу морський геоекосистемі, особливо бентосним біоценозам, погіршує якість води, що не сприяє досягненню гарного екологічного стану Чорного моря в регіоні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Зайцев Ю.П. Екологічний стан шельфової зони Чорного моря на узбережжі України (огляд). *Гідробиологічний журнал*. 1992. Т. 28, № 4. С. 3–18.

Золотарьов Г.Г. Сучасна реседиментація донних відкладень Чорного моря. Морські геолого-геофізичні дослідження: фундаментальні та прикладні аспекти: Зб. тез. Міжнародної наукової конференції (Київ-Одеса, 8–9 листопада, 2018). Київ, 2018. С. 250–256.

Кравчук Г.О., Кравчук О.П., Золотарьов Г.Г., Золотарьов М.Г. Вплив кадмію на бентосні форамініфери шельфу Чорного моря (район дельти Дунаю). *Людина та довкілля. Проблеми геоекології*. 2017. № 3–4 (28). С. 50–56.

Ларченков Є.П., Чередниченко О.П. Вплив геологічних процесів на екологічний стан Північно-Західного шельфу Чорного моря. *Геоекологія рекреаційних зон України*. Київ: КУ. 1996. С. 71–78.

Наседкін Є.І. Антропогенне забруднення донних відкладів північно-західного шельфу Чорного моря важкими металами: дис. канд. геол. наук. Київ, 2002. 236 с.

Оцінка та діагноз екологічного стану довкілля Чорного моря в межах виключної морської економічної зони України. Оцінка процесів сучасної реседиментації на шельфі Чорного моря. Том 5 [Текст]: звіт про НДР / УкрНЦЕМ; кер. теми В.В. Український; викон. Г.Г. Золотарьов, М.Г. Золотарьов. Одеса, 2021. 29 с.

Сучков І.О., Федюнов О.Є. Антропогенна реседиментація у межах Північно-Західного шельфу Чорного моря. *Геоекологія рекреаційних зон України*. Київ: КУ. 1996. С. 87–90.

REFERENCES

Zaitsev Yu. (1992). *Ekolohichnyi stan shelfovoi zony Chornoho moria na uzberezhzhi Ukrainy (ohliad)* (Ecological state of the shelf zone of the Black Sea off the coast of Ukraine (review)). *Hydrobiological journal*. V. 28, No. 4. P. 3–18 [in Ukrainian].

Zolotarev G. (2018). *Suchasna resedymentaiya donnykh vidkladen' Chornoho morya. H. H. Zolotar'ov (Modern sedimentation of the bottom sediments of the Black Sea)*. International scientific conference. Marine geological and geophysical research: fundamental and applied aspects. 8–9 November 2018 Odessa – P. 250–256 [in Ukrainian].

Kravchuk G.O., Kravchuk O.P., Zolotarev G.G., Zolotarev M.G. (2017) *Vplyv kadmiyu na bentosni foraminifery shel'fu Chornoho morya (rayon del'ty Dunayu)*. (The impact of cadmium on benthic foraminifera of the Black Sea shelf (Danube delta area)). *Man and the Environment. Problems of Geoecology*. No. 3–4 (28). P. 50–56 [in Ukrainian].

Larchenkov Ye. P., Cherednichenko O. P. (1996). *Vplyv heolohichnykh protsesiv na ekolohichnyi stan Pivnichno-Zakhidnoho shelfu Chornoho moria (Influence of geological processes on the ecological state of the North-West shelf of the Black Sea)* *Geoecology of recreational zones of Ukraine*. Kiev: KU. P. 71–78. [in Ukrainian].

Nasedkin E. I. (2001). *Antropohenne zabrudnennya donnykh vidkladiv pivnichno-zakhidnoho shel'fu Chornoho morya vazhkymy metalamy* (Anthropogenic pollution of bottom sediments of the northwestern shelf of the Black

Sea with heavy metals) Manuscript of the dissertation for the degree of candidate of geological and mineralogical sciences. Kyiv. [in Ukrainian].

Otsinka ta diahnoz ekolohichnoho stanu dovkillia Chornoho moria v mezhakh vykluchnoi morskoi ekonomichnoi zony Ukrainy. (2021) Otsinka protsesiv suchasnoi resedymentsii na shelfi Chornoho moria (Assessment and diagnosis of the ecological state of the Black Sea environment within the exclusive maritime economic zone of Ukraine. Assessment of modern resedimentation processes on the shelf of the Black Sea). Volume 5 [Text]: report on the research UkrNCEM; topic manager V.V. Ukrainsky; executor G.G. Zolotarev, M.G. Zolotarev. Odesa, 29 p.

Suchkov I.O., Fesyunov O. Ye. (1996). *Antropohenna resedymentsiia u mezhakh Pivnichno-Zakhidnoho shelfu Chornoho moria* (Anthropogenic resedimentation within the North-West shelf of the Black Sea). Geoecology of recreational zones of Ukraine. Kyiv: KU. 1996. P. 87–90. [in Ukrainian].

Надійшла 15.05.2025

M. G. Zolotarov

Odesa I. I. Mechnikov National University,
Department of Oceanology and Marine Environmental Management
2 Zmiiienka Vsevoloda St, Odesa, 65082, Ukraine
zolotarev.maksim89@gmail.com

MODERN RESEDIMENTATION OF BOTTOM SEDIMENTS OF THE DANUBE DISTRICT OF THE BLACK SEA

Abstract

Problem Statement and Purpose. The northwestern part of the Black Sea is undergoing significant changes in the composition and structure of bottom sediments, which is manifested in secondary siltation or resedimentation. This phenomenon is a consequence of the complex interaction of natural and anthropogenic factors, but their complex impact and regional features require further study. An assessment of the scale and dynamics of this process in the environmentally sensitive Danube region, which is subject to significant anthropogenic load, is especially relevant. The main objective of the study is to determine the boundaries of the spread of secondary siltation of bottom sediments in the Danube region of the Black Sea based on expeditionary observations of the UkrNCEM for the period 1998–2020. The object of the study is modern Holocene bottom sediments of the Dzemetyyn Stage of the northwestern part of the Black Sea and the coastal zone of the Danube River. In the process of ecological research in the coastal zone of the Danube, the task was set to assess the level of siltation, its distribution, thickness, color and consistency. It was established that secondary siltation in the northwestern part of the Black Sea is caused by changes in river runoff (volume and composition) under the influence of river regulation and industrial and agricultural activities. Hydrological fronts play an important role in coastal zones, where intensive sedimentation of suspended matter occurs. Anthropogenic activities, including dredging, soil dumping and other types of management, cause specific pollution and disruption of ecosystems. In the Danube littoral, the phenomenon of resedimentation has been recorded both in the approach channel and in the open part of the sea, with the most intensive siltation in the area of soil dumping. The study confirms the significant influence of both natural and anthropogenic factors on the processes of secondary siltation of bottom sediments in the northwestern part of the Black Sea, especially in the Danube region. The obtained data on the distribution and characteristics of siltation are important

for assessing the ecological state of the region and developing measures for its conservation.

Data & Methods. The research presented in the article was carried out by the author as part of the scientific group of the National State Educational Institution “Ukrainian Scientific Center for Marine Ecology” within the framework of the research project “Basic assessment and determination of Good Ecological Status (GES) of the marine environment of the Black Sea within the exclusive maritime economic zone of Ukraine”. Sampling was carried out within the Danube Environmental Monitoring Range at 12 monitoring stations in the sea depth range from 4.5 m to 26 m four times from November 2019 to October 2021. Samples of the surface layer of marine sediments were obtained using a bottom scoop DC-0.1 with a bottom substrate capture area of 0.1 m². After lifting the device on board, a detailed description of the obtained material was carried out, including the type of sediment, its color, consistency, presence of marine organisms (fauna) and odor. The studies included measurements of surface and bottom water temperatures, determination of the extent of siltation of bottom sediments, and assessment of water transparency. An analysis of the siltation state of marine bottom sediments was conducted depending on the thickness of the silt layer. In this study, the criterion was adopted, according to which a silt thickness of less than 5 mm indicates a satisfactory bottom condition, and a thickness of more than 5 mm indicates an unsatisfactory one.

Results. The conducted studies revealed a periodic deterioration of the ecological condition of the Black Sea bottom within the Prydnaysky landfill due to the accumulation of silt. In November 2019, an area with a significant silt thickness (up to 50 mm) was recorded, which indicated a poor condition. Nine months later, in August 2020, the situation improved significantly – the area of distribution and silt thickness decreased. However, in May 2021, the condition of the bottom deteriorated again, with a repeated increase in silt thickness in the same areas of the western part of the landfill. The autumn assessment in October 2021 showed a decrease in silt thickness throughout the area, although its presence became background. Analysis of silting dynamics at the same stations revealed an area in the western part of the landfill with periodic activation of re-sedimentation processes and poor ecological condition of the bottom. The rest of the territory was characterized by a satisfactory condition with temporary and acceptable manifestations of resedimentation.

Keywords: Black Sea, Danube region, resedimentation, dumping.