

<https://doi.org/10.15407/gpimo2019.02.081>

Т.М. Альохіна, Л.В. Куразєєва, В.В. Скворцов

ДНУ «Центр проблем морської геології, геоєкології
та осадового рудоутворення НАН України»

СУЧАСНИЙ СЕДИМЕНТОГЕНЕЗ АЗОВСЬКОГО МОРЯ: ЧИННИКИ ТА ОСОБЛИВОСТІ

Процес седиментації в районі північного узбережжя Азовського моря характеризується значною мінливістю параметрів. Важливу роль у формуванні сучасних донних осадків відіграє співвідношення біогенних процесів, твердого стоку річок, абразії берегів, еолових надходжень, за умови постійного зростання впливу техногенного та антропогенного чинників.

Ключові слова: Азовське море, седиментація, донні осадки, антропогенний вплив.

Вступ

Азовське море є мілководною шельфовою водоймою естуарного типу, що займає площу 39,1 тис. км², середня глибина не перевищує 8 м, а максимальна — 13,5 м. Азовське море глибоко врізається в степові райони, що обумовлює чітко визначену континентальність басейну. Незначні розміри моря обумовлюють низьку інерційність та чутливу реакцію до змін фізико-географічних умов, що визначають надзвичайну динамічність та значну просторову мінливість параметрів процесу осадконакопичення, а вплив антропогенних чинників настільки вагомий, що його можна порівняти із природними процесами.

Зазначене обумовило актуальність досліджень, а саме визначення і характеристику чинників сучасного седиментогенезу в Азовському морі та оцінку антропогенної складової в цьому процесі.

Об'єкти та методи досліджень

Проби донних осадків на узбережжі та акваторії у північній частині Азовського моря були відібрані під час експедиційних робіт 2014—2018 рр. (рис. 1). В пробах визначалися: гранулометрія су-

© Т.М. АЛЬОХІНА, Л.В. КУРАЗЄЄВА, В.В. СКВОРЦОВ, 2019



Рис. 1. Досліджені ділянки північного узбережжя Азовського моря

часних відкладів ситовим методом, питома щільність кількісним гідростатичним методом, сумарний солевміст шляхом визначення сухого залишку у водній витяжці, величина pH та питома електропровідність в лабораторних умовах за допомогою пристрою РНТ-028, значення редокс-потенціалу (Eh) пристроєм Pen type ORP tester SX-630 одразу після взяття проб, щоб отримати реальні дані обстановки, та мінералогія осаду шліховим методом.

Аналіз чинників седиментогенезу

На північному узбережжі Азовського моря в гідродинамічно активній зоні значно розвинуті коси, пересипи, бари, затоки, лимани. Коси майже цілком складені мушлевим матеріалом. Вузькі пересипи відділяють від відкритого моря систему лиманів вздовж східного та північного берегів. В широких затоках між косами відбуваються процеси трансгресії моря. Обриви, що утворюються на узбережжі Обитічної затоки мають висоту 30–40 м. Біля їх підніжжя майже відсутня прибережна пляжна полоса, яка зустрічається лише в долинах річок чи потічків, що впадають в море. Пляжі сформовані кварцовим піском та мушлями молюсків (переважно кардиуму та мітілястера). У формуванні геоморфологічних особливостей прибережного Азовського шельфу велику роль відіграють біогенні процеси, пов'язані з життєдіяльністю бентосних угруповань [4, 10].

Сучасний седимент Азовського моря можна розглядати як багатокомпонентну систему, найвагомими складовими якої є матеріал абразії берегів, теригенний стік річок, біогенна складова, еолове надходження та антропогенна компонента (рис. 2).

Варіативність об'ємів абразійного матеріалу складає від 2 до 17 млн т/рік за середньорічного надходження протягом останніх 30 років близько 5,8 млн т/рік. Північноазовська берегова область характеризується відносно високими темпами абразії, що коливається в межах десятків сантиметрів на рік. Схили розмиву вини-

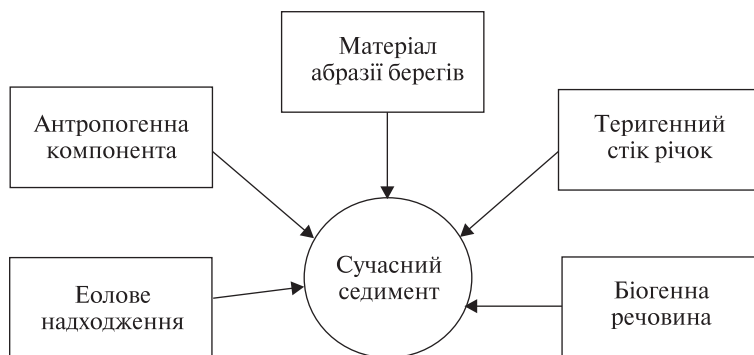


Рис. 2. Компоненти сучасного седименту Азовського моря

кають на косах та пересипах в яких проходить процес руйнування сучасних і давніх хвилеприбійних валів та еолових форм, що складені піщаним та піщано-мушлевим матеріалом. Швидкості розмиву берегів часто залежать від темпів відступу суміжного активного кліфу, з яким динамічно пов'язані пересипи та коси. При розмиві схилів утворюється велика кількість наносів із мінімальною кількістю дрібнозему у їх складі, що постійно виноситься за межі берегової зони [1].

Розмив донних відкладів спостерігається на всьому простяганні підводного схилу Північного Приазов'я, переважно до глибин 8—9 м. Дослідження останнього десятиріччя [2] дозволили визначити в першому наближенні кількість матеріалу, який надходить до берегової зони від розмиву дна. Так, для Обитічної затоки (площа розмиву 2200 км²) за швидкості розмиву 2 мм/рік об'єм матеріалу складає 3,8 млн т; для Бердянської (площа розмиву 520 км²) за швидкості розмиву 2,1 мм/рік — 1,53 млн т; для Білосарайської (площа розмиву 200 км²) за швидкості розмиву 2,3 мм/рік — 0,62 млн т. Невелика площа розмиву в межах Маріупольського району (лише 100 км²) за швидкості розмиву 2 мм/рік до берегової зони виносить до 0,28 млн т матеріалу [6].

Найбільший внесок у *твердий річковий стік* Азовського моря належить р. Дон. З кінця 80-х років стік наносів у порівнянні із умовно природним періодом скоротився практично в 10 разів і не перевищує на теперішній час 0,4 млн т/рік. Стік наносів р. Кубань, наразі, становить не більше 0,86 млн т/рік. Внесок малих річок (Кальміус, Міус, Берда, Обитічна та ін.) у твердий стік порівняно незначний і становить у середньому 0,05 млн т/рік. Об'єм твердих часток, що надходять на водну поверхню Азовського моря еоловим шляхом в сучасний період становить близько 0,92 млн т/рік [3].

Надзвичайно багатий розвиток зообентосу в Азовському морі сприяє інтенсивному надходженню карбонатного матеріалу *біогенного походження* у донний осад з подальшим його осадженням та захороненням у вигляді мушель та детриту [7]. В умовах Азовського моря донні молюски є важливим чинником, що обумовлюють режим осадконакопичення та формування елементів рельєфу узбережжя та дна. Надходження мушлевого матеріалу змінювалось протягом останніх 70 років від 10,4 до 14,7 млн т/рік. Процес експансії чорноморських видів молюсків до Азовського моря продовжується у зв'язку із зростанням галінності. Лише за останні 20 років кількість видів молюсків збільшилась на 13 видів [8]. Масовий розвиток великих молюсків-інтродуцентів, розміри стулок яких у 2—3

рази більші та товстіші за аборигенні види, призвело до змін біогенної складової донних та узбережних накопичень. Стулки відмерлих молюсків-вселенців (*Mya*, *Cunearca*, *Abra*) залишаються, у більшості, в зоні продукування та не надходять до узбережних наносів, що викликає розмив пляжних відкладень та призводить до збільшення карбонатності донних осадків.

Антропогенна діяльність, у вигляді зарегулювання річок, призвела до різкого падіння об'ємів твердого стоку в 5 разів. Сумарна кількість матеріалу, що надходить у Азовське море від усіх джерел зменшилась у 2,5 рази із 26,4 до 10,6 млн т/рік. При цьому біогенна складова збільшилась на 30—40 % у порівнянні з умовно природним періодом. Утім, біогенна компонента не компенсувала скорочення надходжень теригенного матеріалу. І, в цілому, за останні 60—70 років об'єм надходжень осадового матеріалу зменшився більш ніж на 30 %.

Характерною особливістю осадового теригенного матеріалу, до масштабних зрушень джерел живлення Азовського моря, була його тонкозернистість. Осад складався на 70 % із часток дрібної алевритової та пелітової фракцій, 18 % припадало на крупно алевритові і 13 % — на піщані часточки. Це було основою широкого розвитку на акваторії пелітових та дрібноалевритових мулів.

Суттєва зміна структури матеріалу, що формує седимент призвела до змін його гранулометричного складу: відбулося зменшення втричі надходження пелітових та дрібноалевритових часток, піщаного та крупно алевритового матеріалу — вдвічі. Аналіз зміни частки пелітової фракції та карбонатності у верхньому шарі осадків показав, що повсюдно спостерігається збільшення площ мушлевих відкладень, скорочення площ глинистих мулів та збільшення карбонатності донних осадків загалом в три рази, а в районі піщаних островів — в п'ять [5].

Результати досліджень

Результати наших досліджень північного району Азовського моря значною мірою корелюють із літературними даними. Матеріал, відібраний в ході експедицій повсюдно представлений органічно-кальцитово-кварцовими пісками.

Так, седимент узбережжя Арабатської стрілки в районі с. Щасливцеве характеризується переважанням псамітової фракції, представленої переважно мушлевим детритом (органогенним кальцитом). Сумарна частка дрібнодисперсного матеріалу, що походить із суглинків не перевищує 2 %. Аналіз проб відібраних на Обитічній косі (рис. 3) засвідчив домінування мушлевого детриту (псамітової фракції) в усіх відібраних зразках. Органогенний кальцит у пробах представлений частинами мушель, або їх різнорозмірними уламками та глинисто-кремєново-кальцитовими стяжіннями. Його наявність коливається від 49582 г/т до 765988 г/т. Найбільша кількість органічного кальциту концентрується у прибіжній зоні. Лише у пробах із підніжжя схилів (де вони є) визначено невеликий відсоток алевритів та пелітів, сумарна частка яких становить 4 %.

На відміну від Обитічної коси, матеріал, відібраний між косами Обитічна та Бердянська вздовж вузької пляжної ділянки, свідчить про розмив берегових схилів — це підтверджується строкатим гранулометричним складом проб, значне коливання показників якого у кожній з фракцій засвідчує наступи моря, абразію та перемішування принесеного матеріалу з розмитим береговим.

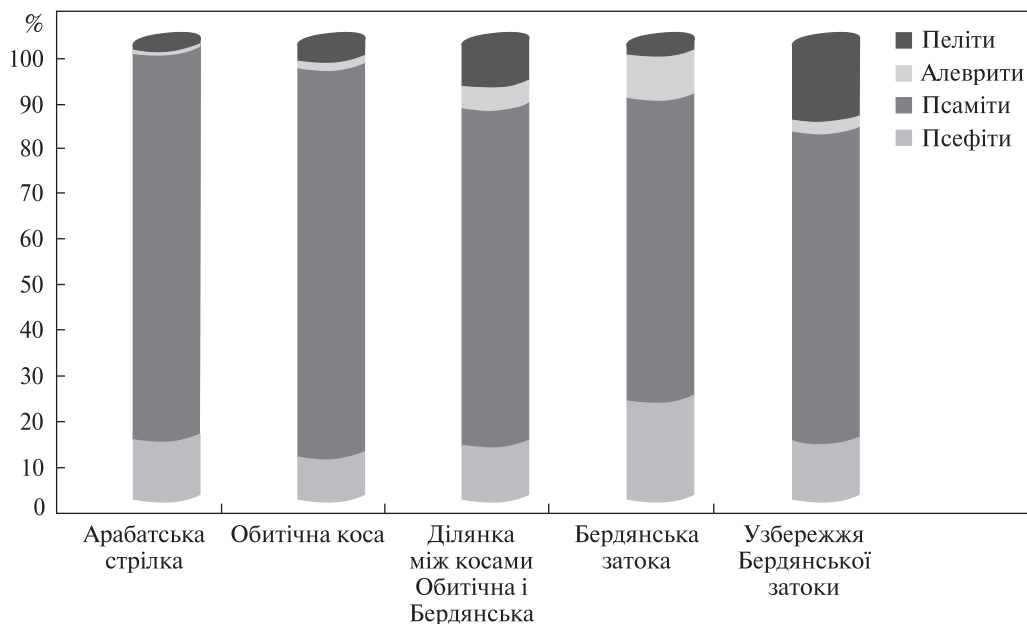


Рис. 3. Розподіл донного осаду за розмірами часток

Ділянка акваторії, на якій були відібрані проби із дна моря, розташована в північній частині Бердянської затоки, приблизно в 10 км на захід від Бердянської коси. Рельєф морського дна на даній ділянці сформувався під впливом річки Куца Бердянка, про що свідчить наявність потужного конусу виносу, який з обох боків супроводжується турбулентними заглибленнями дна. Характер гранулометричного складу не є одноманітним, має місце поступове укрупнення осаду у напрямку від берега. Так, при зменшенні нахилу дна від 1/100 м до 0,5/100 м на відстані від берегу до 2 км відзначено тенденцію до укрупнення осаду. На відстані від берегу 2,3 км за уклону дна 0,04/100 м псамітова фракція суттєво збільшена. Результати гранулометричного аналізу проб на ділянці узбережжя Бердянської затоки демонструють розмив берегового схилу, що позначається у суттєвому збільшенні пелітової фракції.

Питома щільність донного осаду в обстеженій ділянці акваторії відносно однорідна і в середньому становить 2,41 г/см³. Однак привертає увагу різкий перепад даного показника до 2,31 г/см³ на середині профілю, що в геоморфологічному плані відповідає зменшенню кута нахилу морського дна (рис. 4).

Проведені дослідження із визначення фізико-хімічних показників у донних осадах досліджуваних районів не виявили принципових відмінностей. Вміст водорозчинних солей, що відображає сорбційні властивості донного осаду, демонструє помірні значення. На всіх обстежених ділянках домінуючим компонентом осаду є псамітова фракція, представлена мушлевим детритом, що добре промивається. Показник питомої електропровідності, який зазвичай корелює із солевмістом, має незначне збільшення у північно-західному напрямку і, як і солевміст, має значний розмах коливань. Відносно стабільними є значення водневого показника. Значення окисно-відновного потенціалу хоча і знаходиться у позитивному діапазоні, але, з урахуванням достатньо великої похибки, свідчить про перехідну редокс-обстановку у седименті (табл. 1).

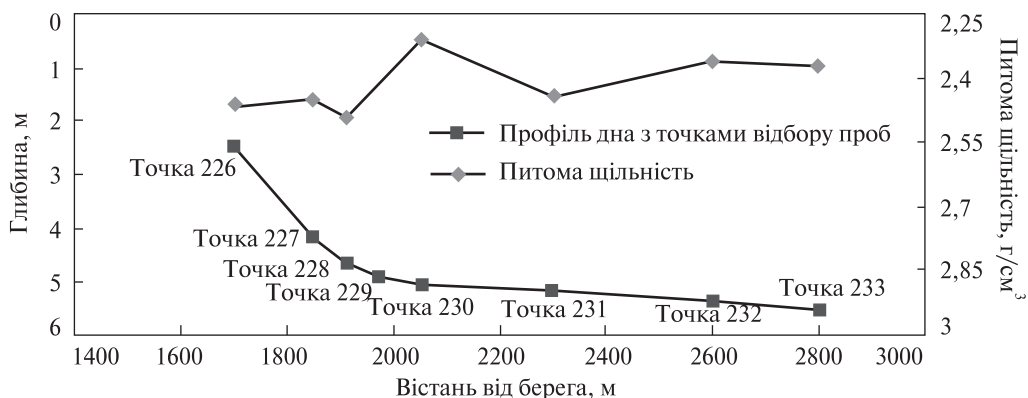


Рис. 4. Профіль дна та питома щільність донного осаду в акваторії Бердянської затоки

При підготовці проб до мінералогічного аналізу з донного осаду було виділено ситовим методом фракцію +0,5 класу. Майже на 100 % вона представлена частинками мушель, які є продуцентами органогенного кальциту. Також часто зустрічаються непошкоджені мушлі, які дають змогу визначити видовий склад (рис. 5).

Легка фракція проб представлена переважно кварцом та органогенним кальцитом. У пробах, відібраних з дна Бердянської затоки, ці два мінерали знаходяться в обернено пропорційній залежності. В пробах, що тяжіють до берега, спостерігається різке переважання кварцу (82 % масової долі), в той час як вміст органогенного кальциту дорівнює 15,5 % масової долі. З глибиною вміст кварцу зменшується, за рахунок зростання вмісту органогенного кальциту. На глибинах 4,7 м вміст цих мінералів приблизно однаковий (51 % та 47 % відповідно). З подальшим віддаленням від берега і збільшенням глибини в складі проб переважає органогенний кальцит, його кількість поступово зростає до 76 % масової долі на найглибших замірах, вміст кварцу поступово зменшується до 22 %. Дана закономірність простежується навіть візуально на прикладі вихідних проб (рис. 6). До складу легких фракцій всіх проб входять вуглефіковані залишки рослин в кількостях від 11,7 г/т до 6899,8 г/т. В прибережних пробах, відібраних з акваторії Бердянської затоки, присутній також металургійний графіт в кількостях до 444,9 г/т.

Серед важких мінералів домінують амфіболи (арфведсоніт, актиноліт) та епідот. Також присутні ільменіт, рутил, марказит, магнетит, альмандин, турмалін, ставроліт, силіманіт, циркон, лейкоксен, лімоніт, монацит, апатит, сфен.

Таблиця 1. Значення фізико-хімічних показників у донних осадах Азовського моря

Район відбору проб	Питома щільність, г/см ³ , М ± m	Середній солевміст, % у 100 г сухої проби, М ± m	ЕС, (мкСм/см), М ± m	pH, (Од.), М ± m	Eh, мВ, М ± m
Арабатська стрілка	2,53 ± 0,086	1,03 ± 1,13	2,84 ± 2,16	8,06 ± 0,77	—
Обитічна коса	2,46 ± 0,081	1,11 ± 1,28	2,72 ± 1,96	8,07 ± 0,36	115 ± 76
Ділянка між косами					
Обитічна та Бердянська	2,47 ± 0,181	1,07 ± 0,98	2,13 ± 1,65	8,35 ± 0,48	108 ± 81
Бердянська затока	2,41 ± 0,053	0,87 ± 0,54	1,92 ± 1,24	8,51 ± 0,68	195 ± 58
Узбережжя Бердянської затоки	2,23 ± 0,056	1,13 ± 1,04	2,88 ± 1,95	8,31 ± 0,42	103 ± 76

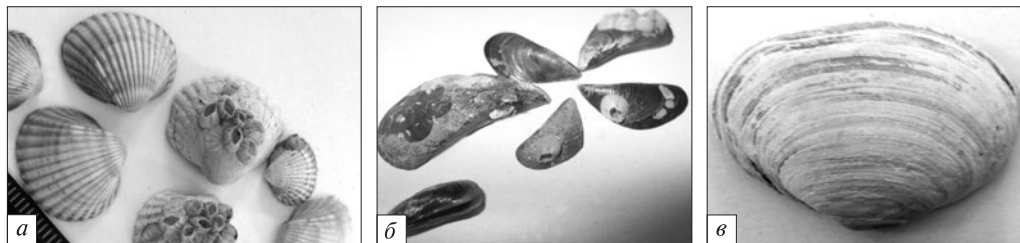


Рис. 5. Типові продуценти органогенного кальциту у донному осаді Азовського моря: а — *Cardium*; б — *Mytilus*; в — *Mya*

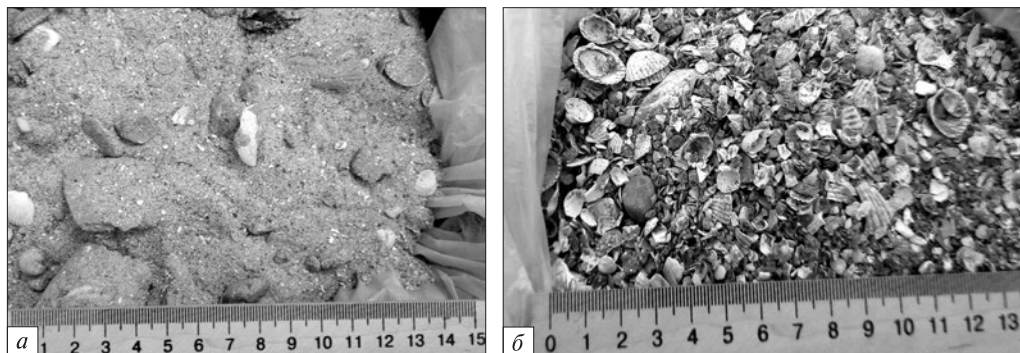


Рис. 6. Донний осад Бердянської затоки: а — прибережна ділянка (т. 226); б — віддалена від берега ділянка (т. 233)

Магнітні фракції проб представлені магнетитом (2,9—147,1 г/т), а також арфведсонітом, актинолітом, силіманітом і кварцом, в зернах яких присутні тонкозернисті або пиловидні включення магнетиту, іноді до 70 % об'єму кристалу. Саме в магнітних фракціях сконцентровані техногенні компоненти, які спостерігаються майже у всіх відібраних пробах у вигляді металевих кульок та дротинок.

Електромагнітна фракція осаду в основному представлена арфведсонітом (рис. 7, а), епідотом (рис. 7, б), актинолітом. Ці мінерали можна віднести до осадоутворюючих, оскільки їхній сумарний вміст різко переважає: арфведсоніт — в окремих пробах до 136007,5 г/т; епідот — до 1051,0 г/т; актиноліт до 20679,4 г/т. Також у всіх пробах, але в значно менших кількостях присутні ільменіт (рис. 7, в) — від 1,2 до 282,2 г/т, альмандин — від 22,6 до 460,6 г/т та рутил — від 1,6 до 14,0 г/т.

Серед важких мінералів неелектромагнітної фракції наскрізним мінералом є циркон (рис. 7, г). Його вміст в більшості проб становить 34,6—63,2 г/т, максимальний 186,1 г/т. Мінерал можна розглядати як потенційно розсіпоутворювальний.

Сучасне антропогенне забруднення

Промисловість та сільське господарство, рекреаційне використання узбережжя, судноплавство та інші види антропогенної діяльності обумовлюють різноманіття та високу інтенсивність надходження техногенного матеріалу до акваторії Азовського моря. Трансформація речовинного складу ділянок дна та узбережжя у теперішній час набула значного масштабу. Побутове сміття, вугілля, уламки цегли та інших будівельних матеріалів, бій скла, поліетилен, пластик та інше — повсюдні елементи антропогенного забруднення. Прибережні поліутанти, як і у випадку з морськими, можна поділити за генезисом

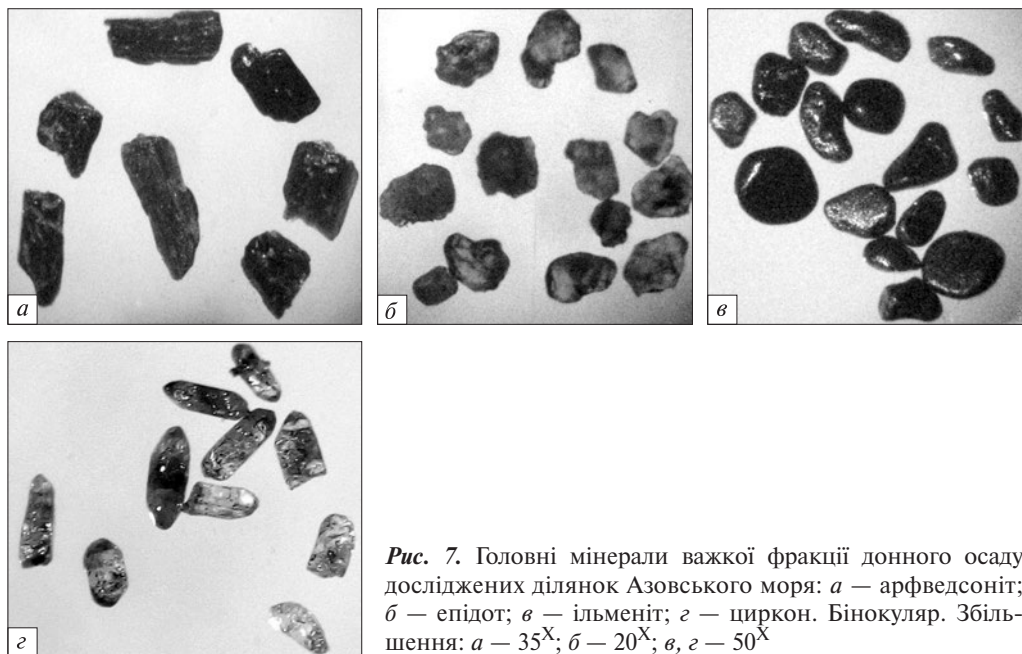


Рис. 7. Головні мінерали важкої фракції донного осаду досліджених ділянок Азовського моря: *a* — арфведсоніт; *б* — епідот; *в* — ільменіт; *г* — циркон. Бінокуляр. Збільшення: *a* — 35^х; *б* — 20^х; *в, г* — 50^х

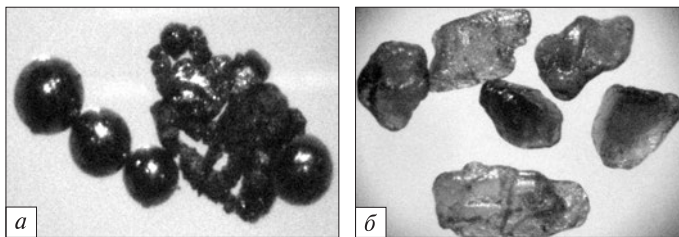
на: продукти металургійної промисловості (рис. 8, *a*), комунально-побутові відходи, забруднення від судноплавства та наслідки рекреації (рис. 8, *б*). Найбільша маса антропогенних відходів приурочена до великих міст, наприклад, Маріуполя, де подекуди 100 % пляжного матеріалу має техногенне походження. Досить вагомою є доля антропогенної складової у таких містах як Бердянськ. Відносно чистими можна вважати коси Арабатську, Обитічну; майже чистими — косу Бірючий острів. Найбільший антропогенний внесок у формування відкладів узбережної зони визначається у північно-східних районах Азовського моря. Це пов'язано із концентрацією в даному районі великої кількості промислових підприємств. Внесок металургійних шлаків становить 14 % від загальної кількості техногенних домішок, доля яких в осаді становить 19,6 %. Узбережжя північно-східного району Азовського моря відзначається також максимальними концентраціями у пляжних відкладах вуглистих часточок, техногенного графіту, нафтопродуктів та інших політантів.

Середній вміст техногенного матеріалу в донних осадах моря складає 5,11 %. Екстремальні значення техногенного матеріалу фіксуються в районі м. Маріуполь (понад 15 %). Шлейф техногенних компонентів у донному осаді тягнеться у південно-західному напрямку на відстань понад 50 км. Основними об'єктами-забруднювачами є промислові стоки м. Маріуполь, що надходять із водами р. Кальміус, а також викиди металургійних підприємств у атмосферне повітря.

В межах акваторії інтенсивність забруднень донних відкладів знижується і на глибинних ділянках не перевищує 2 %. Визначається 3 ареали із підвищеним вмістом техногенного матеріалу: ділянка перед Керченською протокою (8,6 %), а також біля Бердянського (5,5 %) та Генічеського (9,6 %) морських портів [9].

Серед шляхів надходження забруднюючих речовин антропогенного походження основними слід вважати діяльність вітру та річковий стік. Так, щорічно су-

Рис. 8. Деякі техногенні компоненти донного осаду Азовського моря: *a* — магнітна флокула природних (магнетит) і техногенних (металургійні кульки) часточок; *б* — частково обкатані зерна скла. Бінокляр. Збільшення: *a* — 120^x; *б* — 80^x



марно еоловим шляхом та теригенними виносом до акваторії Азовського моря надходить 675 тис. т антропогенного матеріалу. На акваторію Азовського моря з річковим стоком потрапляє близько 178,5 тис. т/рік техногенного матеріалу. Стік малих річок у техногенній складовій балансу відіграє меншу роль ніж інші складові, проте визначає суттєвий вплив на забруднення гирлових ділянок річок [5].

Висновки

Висока гідродинамічна активність, мілководність, перманентність надходження теригенного матеріалу, коливання біопродуктивності бентосних систем обумовлюють високу динамічність седиментаційного процесу та меж розповсюдження ареалів основних літологічних типів донних відкладень Азовського моря.

Протягом останніх 60—70 років екосистема Азовського моря відчула низку «антропогенних стресів», пов'язаних з господарською діяльністю людини як на акваторії, так і на водозабірних територіях. Це позначилось на об'ємах та якісному складі надходжень осадового матеріалу. Отримані дані демонструють залежність структури і складу донних відкладів північного Азовоморського узбережжя від природних і техногенних факторів. Донні осадки неоднорідні, важливу роль у їх формуванні відіграють біогенні джерела надходження матеріалу. Антропогенно-техногенне забруднення осаду повсюдне, зменшується у напрямку до відкритого моря. Важка фракція проб осаду постійно містить часточки чорних, кольорових і рідкісних металів промислового і антропогенного походження.

Детальне вивчення та аналіз сучасних седиментаційних процесів дають можливість оцінити стабільність накопичення певних важких мінералів з подальшим прогнозом формування їх розсипів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Антонюк О.С. Особливості абразійних процесів на українських берегах Азовського моря. *Науковий вісник Ужгородського університету: Серія: Географія. Землеустрій. Природокористування*. 2013. № 2. С. 43—50.
2. Азовское море в конце XX — начале XXI веков: геоморфология, осадконакопление, пелагические сообщества. Т. X. / Отв. ред. Г.Г. Матишов; Мурманск. мор. биол. ин-т КНЦ РАН. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2008. С. 45—58.
3. Ивлиева О.В. Техногенный седиментогенез в Азовском море: Автореф. дис.... док. географ. наук. Ростов-на-Дону, 2007. 46 с.
4. Иноземцев Ю.И. Литолого-минералогические особенности прибрежно-морских осадков Азовского моря. Киев: АН УССР, Ин-т геохимии и физики минералов, 1974. 57 с.
5. Матишов Г.Г., Гаргопа Ю.М., Бердников С.В., Дженюк С.Л. Закономерности экосистемных процессов в Азовском море. Москва: Наука, 2006. 304 с.

6. Непша О.В. Надходження теригенного матеріалу внаслідок абразії кліфів та морського дна як фактор стабільності акумулятивних утворень Північного Приазов'я. *Геологомінералогічний вісник Криворізького національного університету*. 2017. № 1. С.32—41.
7. Фроленко Л.Н. Видовой состав зообентоса Азовского моря и некоторые биолого-экологические особенности доминирующих видов. *Известия вузов. Северо-Кавказский НЦ ВШ. Естественные науки*. 2005. №4. С. 127—133.
8. Халіман І.О. Молюски північної частини Азовського моря (фауна, зоогеографія, екологія): Автореф. дис. ... канд. біол. наук. Київ, 2006. 21 с.
9. Хрусталеv Ю.П., Ивлиева О.В. Антропогенный материал в донных отложениях Азовского моря. *Проблемы антропогенной морской седиментологии (на примере Азовского моря)*. Ростов-на-Дону: Гефест, 1999. С. 144—173.
10. Шнюков Е.Ф., Орловский Г.Н., Усенко В.П., Григорьев А.В., Гордиевич В.А. Геология Азовского моря. Киев: Наук. думка, 1974. 247 с.

Стаття надійшла 14.05.2019

Т.М. Алехина, Л.В. Куразеева, В.В. Скворцов

СОВРЕМЕННЫЙ СЕДИМЕНТОГЕНЕЗ АЗОВСКОГО МОРЯ: ФАКТОРЫ И ОСОБЕННОСТИ

Процесс седиментации в районе северного побережья Азовского моря характеризуется значительной изменчивостью параметров. Важную роль в формировании современных донных осадков играет соотношение биогенных процессов, твердого стока рек, абразии берегов, золотых поступлений, при условии постоянного увеличения влияния техногенного и антропогенного факторов.

Ключевые слова: Азовское море, седиментация, донные осадки, антропогенное влияние.

Т.М. Alohina, L.V. Kurazieva, V.V. Skvortsov

MODERN SEDIMENTOGENESIS OF THE AZOV SEA: FACTORS AND FEATURES

The process of sedimentation in the region of the northern coast of the Azov Sea is characterized by significant changeability of parameters. In the formation of modern sediments the relation of biogenic processes, riverine load, coastal abrasion and eolic deposition is played an important role in conditions of constant increase of technogenic and anthropogenic factors.

Keywords: the Azov Sea, sedimentation, bottom sediment, anthropogenic influence.