

О.Ю.Митропольський*, Є.І.Наседкін*, Г.М.Іванова*,
О.С.Кузнецов**, О.В.Берестовая**

** Інститут геологічних наук НАН України, м.Київ*

*** Експериментальне відділення*

Морського гідрофізичного інституту НАН України, с.Кацівели

СЕЗОННІ ОСОБЛИВОСТІ СЕДИМЕНТАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ НА ШЕЛЬФІ ЧОРНОГО МОРЯ

Проведені дослідження особливостей седиментаційних процесів в певних геолого-географічних умовах, з'ясовані зв'язки між комплексом факторів впливу на надходження, розподіл та депонування завислої речовини в межах акваторії.

Інтенсивне освоєння північної частини шельфу Чорного моря, ріст приморських міст, курортних об'єктів, сільськогосподарська діяльність на узбережжі щорічно збільшують потоки антропогенної речовини у водне середовище, і в першу чергу – в межі зони взаємодії суходолу і акваторії. Неоднозначність гідрологічних, геологічних, геоморфологічних характеристик різних ділянок морського узбережжя та площ водозбору річок басейну Чорного моря, а також особливості розташування джерел антропогенного впливу створюють строкату картину надходження, розподілу і асиміляції політантів в межах шельфової зони.

При розподілі забруднювачів на шельфі та їх фіксації в складових природного середовища, зокрема в донних відкладах, значну роль відіграють процеси седиментації твердої речовини, що надходить до акваторії з суходолу. Останнє визначається тим, що які б ускладнення не вносились в природний процес господарською діяльністю людини, його кінцевим результатом є седиментогенез. Відповідно, дослідження процесів осадконакопичення, при комплексному вивченні геоecологічного стану акваторій, можна розглядати як важливий інструмент ecологічного аналізу.

Найбільш інформативною системою дослідження природних процесів, в тому числі седиментогенезу, можна вважати режимні спостереження – моніторинг. Співробітниками відділу сучасного морського седиментогенезу Інституту геологічних наук НАН України тривалий час проводяться спостереження за процесами сучасного осадконакопичення в межах південного узбережжя Криму. Проведення досліджень має за мету визначення особливостей седиментаційних процесів в певних геолого-географічних умовах, з'ясування зв'язків між комплексом факторів впливу на надходження, розподіл та депонування завислої речовини в межах акваторії, її якісний та кількісний склад [1, 2].

Географічні умови району досліджень. Станція геоecологічного моніторингу знаходиться в межах ділянки Експериментального відділення Морського гідрофізичного інституту НАН України в селищі Кацівелі. Відбір проб проводиться з океанографічної платформи, що знаходиться у 650 м від

© О.Ю.Митропольський, Є.І.Наседкін, Г.М.Іванова, О.С.Кузнецов,
О.В.Берестовая, 2008

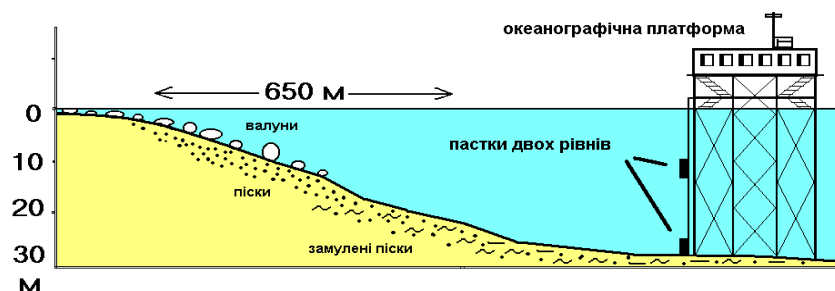


Рис. 1. Схематичний розріз за профілем суходіл – океанографічна платформа.

берега, глибина моря в місці розташування платформи складає 26 м (рис.1).

Підводний рельєф району характеризується досить різким звалом глибин у межах материкового схилу (до 10^0), кути нахилу морського дна безпосередньо в точці досліджень досягають $1,5^0$ [3]. В межах берегової лінії характерно нагромадження кам'яних брил і валунів. На відстані 50 – 150 м від берега (глибини 8 – 12 м) починаються смуги підводних пляжів, оточених брилами і валунами, що поросли водоростями [4].

Гідродинаміка району визначається присутністю основної чорноморської течії [5]. Зона основного струменя течії проходить у 3 – 5 милях від берега кільцем шириною 20 – 35 миль (уздовж берега проти годинникової стрілки). Ближче до берега розташована зона прибережних круговоротів. У районі селища Кацівелі переважні течії збігаються з напрямком берегової лінії. Сезонні зміни в розподілі течій незначні. Течії інтенсивні і стійкі, швидкість 30 – 50 см/с, спрямовані на південь – південь – захід, повторюваність складає приблизно 80 %. При вітрових течіях завихрення і протитечії майже не спостерігаються.

У районі селища Кацівелі, за даними [5] у холодний період року переважають північно-східні вітри. Навесні зростає повторюваність вітрів з моря і східного напрямку, у літній період має місце бризова циркуляція (вдень вітри з моря, вночі – з північних напрямків). Бризи мають систематичну повторюваність, правильний добовий хід, порівняно велику довжину убік моря (до 30 км) і викликають поверхневі течії, що досягають швидкості 6 – 15 см/с. Восени переважають північні румби. Найсильніші вітри спостерігаються в холодний період.

В формуванні літодинаміки в районі досліджень, та відповідно, складу донних відкладів, провідну роль відіграє гідродинамічний режим акваторії (хвильова активність, згінно-нагонні явища, апвелінг, розподіл течій), рельєф дна та особливості мінерального складу осадкоутворюючої речовини. Осадковий матеріал, який надходить з різних джерел, розподіляється в районі досліджень під дією різноманітних седиментологічних факторів.

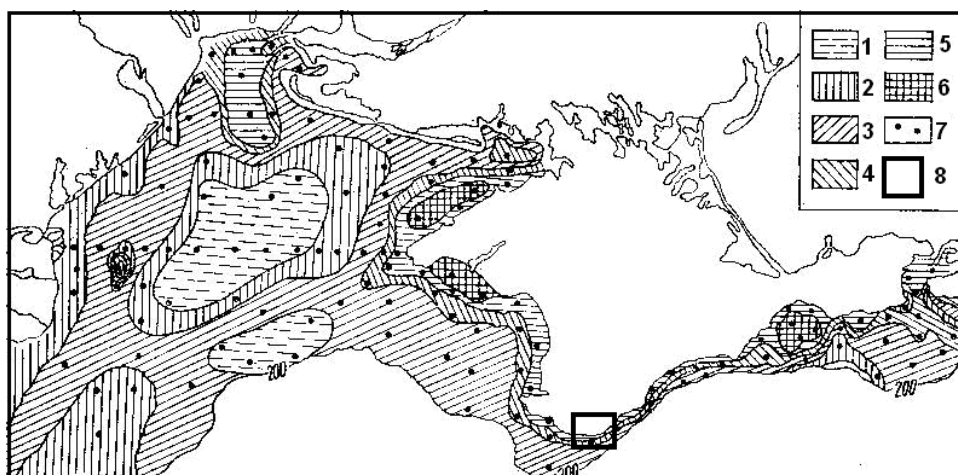
Методика досліджень. Моніторинг завислої речовини в точці досліджень проводиться за допомогою седиментаційних пасток на протязі всього року з дискретністю відбору в один місяць. В процесі польових робіт використовується варіант найпростіших седиментаційних пасток, універсальність яких підтверджена багаторічними випробуваннями та накопиченим практичним досвідом [6]. Конструкція пасток, головним чином, відповідає

методичними вказівками [7]. Циліндр-накопичувач пробовідбірника пастки виготовляється з пластикових труб діаметром 100 мм, матеріалом для дна седиментаційного стакана, де безпосередньо відбувається накопичення зависі, слугує герметично закріплена верхня частина прозорої двохлітрової пластикової пляшки. Така, дещо спрощена конструкція, дозволяє в процесі пробовідбору уникнути часткової втрати накопиченої речовини, і вилучати всю пробу з отвору в нижній частині пастки, що значно полегшує процедуру відбору. Прозорий пластик дає можливість проводити безпосередні візуальні спостереження накопиченого осаду та визначати первинний об'єм осілої речовини.

В процесі досліджень використовуються «гірлянди» з трьох скріплених між собою пасток, які розташовуються на різних горизонтах в товщі води – на 15 м та на дні (26 м). Розташування пасток таким чином дає можливість спостерігати зміни в складі завислої речовини на протязі процесу надходження в донні відклади.

Результати досліджень. За літературними даними ділянка моніторингових спостережень, згідно схеми розподілу швидкостей сучасного осадконакопичення на шельфі Чорного моря (рис.2) належить до зони інтенсивного надходження речовини в донні відклади [8].

В межах північно-західного шельфу за швидкістю накопичення осадків (40 – 50 см/1000 років) район досліджень поступається тільки локальним районам, прилеглим до західної частини Кримського п-ова, Феодосійській затоці та шельфу в районі Керченської протоки (більше 50 см/1000 років). На більшій частині чорноморського шельфу України швидкості не перевищують 20 – 30 см/1000 років. Висока інтенсивність осадконакопичення, за літературними даними, головним чином обумовлена особливостями сучасного гідрологічного режиму та абразією берегів [8].



Р и с . 2 . Схема розподілу швидкостей сучасного осадконакопичення на шельфі Чорного моря (за даними радіовуглецевого метода датування осадків в см/1000 років) [8]. Умовні позначення: менш 10 (1); 10 – 20 (2); 20 – 30 (3); 30 – 40 (4); 40 – 50 (5); більш 50 (6); точки опробування з визначенням швидкостей (7); район досліджень (8).

Результати моніторингових спостережень показали вкрай нерівномірний розподіл накопиченої в пастках обох рівнів речовини в окремі місяці, що свідчить про суттєві зміни в інтенсивності седиментаційних процесів в різні сезони на протязі періоду досліджень (рис.3). Аналіз щомісячного розподілу мас накопиченої в пастках зависі вказує, по-перше, на суттєве збільшення потоків твердої речовини в холодний період всіх років, за які проводились спостереження, головним чином в зимові місяці. Більш, ніж десятиразові перевищення в накопиченні зависі в пастках за окремі місяці свідчить про суттєві зміни седиментаційної обстановки на протязі кожного року, що обумовлюються гідродинамікою акваторії та фізико-хімічними процесами в складі осадової речовини.

По-друге, отримані дані ілюструють більшу інтенсивність надходження осадової речовини в пастки нижнього рівня – при незначних перевищеннях тенденція зберігається майже для всіх сезонів – лише восени концентрації накопиченої зависі майже вирівнюються (рис.4). При цьому найбільші перепади вмісту речовини в пастках різних рівнів властиві теплому сезону і можуть сягати перевищень у кілька разів.

В перерахунку на інтенсивність вертикальних потоків зависі при середньорічній швидкості осадження речовини $0,11 \text{ г/см}^2 \text{ місяць}$ для нижнього рівня пасток і $0,09 \text{ г/см}^2 \text{ місяць}$ відповідно верхнього, загальна багаторічна величина складе $0,1 \text{ г/см}^2 \text{ місяць}$. Як можна бачити на графіках, що ілюструють середньомісячні багаторічні показники інтенсивності седиментаційних процесів, досліджуваний часовий діапазон умовно поділяється на два періоди накопичення осадової речовини:

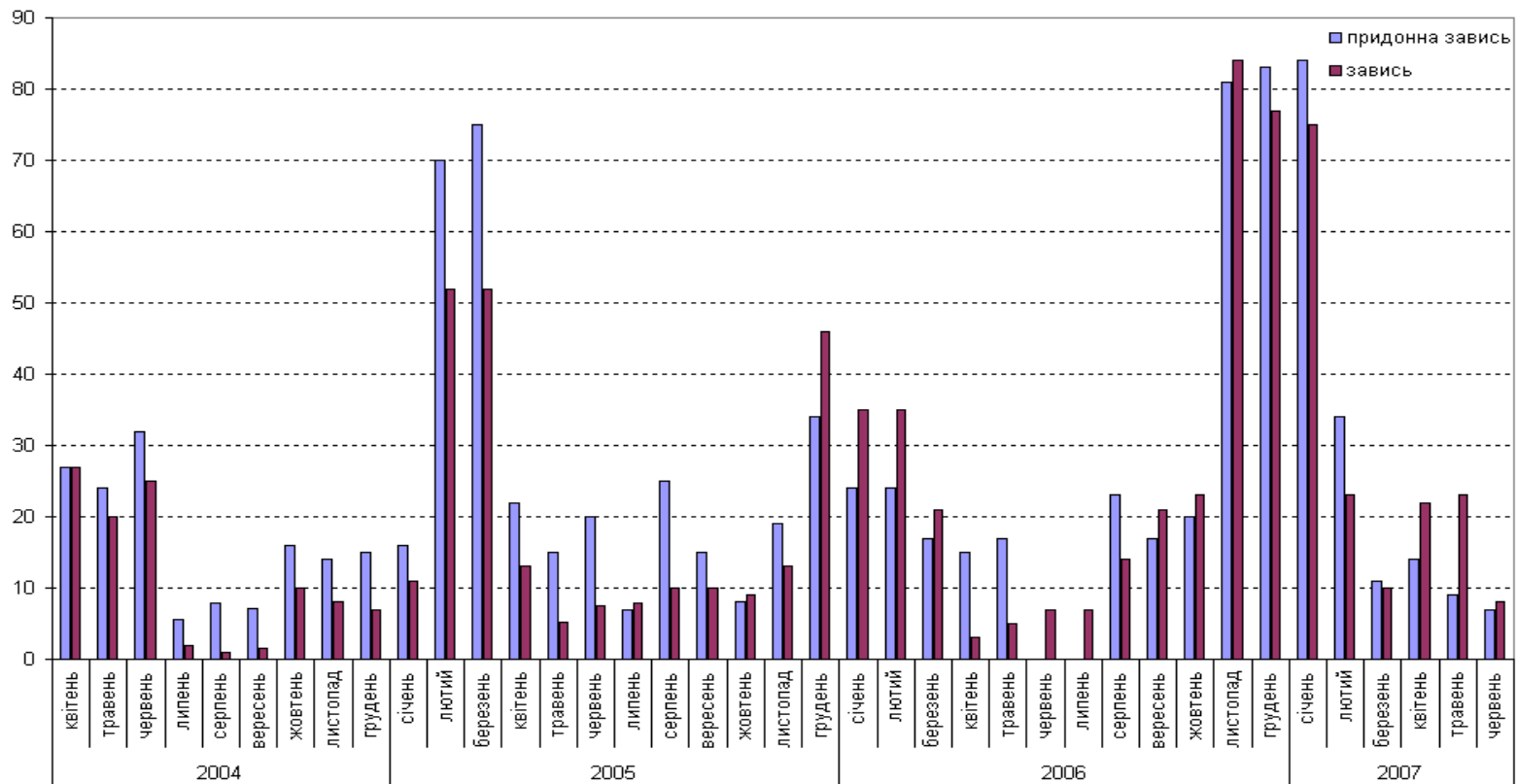
- період відносно значних швидкостей накопичення зависі (умовною межею можна визначити жовтень);
- період відносно повільного накопичення зависі (теплий період, з квітня місяця).

З метою визначення загальних закономірностей розподілу осадової речовини на різних ділянках шельфу північної частини Чорного моря було проведено порівняння результатів наших спостережень з результатами аналогічних робіт, які проводились іншими установами в районах, що за географічними, гідрологічними та геоморфологічними характеристиками близькі до досліджуваних.

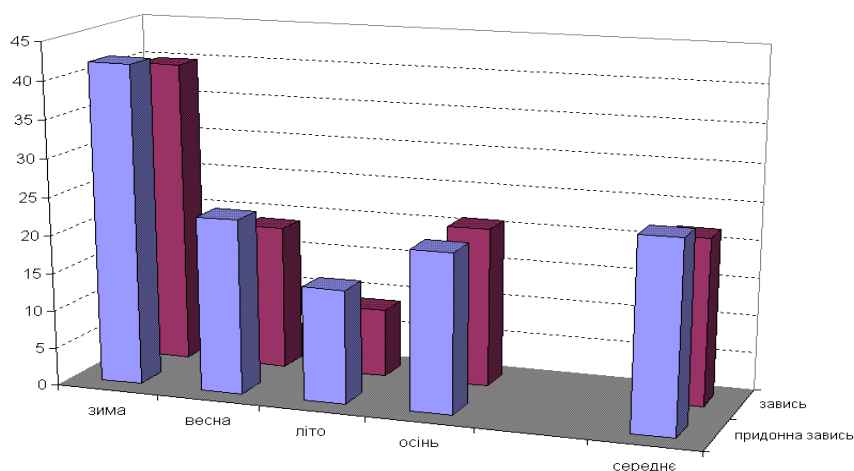
Зокрема, наші дані співставленні з результатами досліджень, що проводились науковцями Російської академії наук та Південного федерального університету (Ростов-на-Дону), головним чином, в межах російської ділянки узбережжя Чорного моря [9, 10]. В процесі багаторічних досліджень завислої речовини методом седиментаційних пасток російськими науковцями було визначено середні величини потоків речовини, зокрема в межах південного берега Криму та російського сектору шельфу Чорного моря [11]. Порівняльні дані результатів досліджень наведено в табл.1.

Як можна бачити з даних, представлених в таблиці 1, інтенсивність надходження речовини в пастки на визначених глибинах складає приблизно одні величини для ділянок шельфу з подібними географічними та гідрологічними умовами.

Російські дослідники вважають, що стали сезонність в розподілі зависі



Р и с . 3 . Щомісячні зміни в накопиченні речовини седиментаційними пастками двох рівнів протягом періоду досліджень (червень – липень 2006 р. – відсутність інформації про накопичення придонної речовини обумовлена технічними ускладненнями, зокрема обривами тросу і втратою пасток нижнього рівня).



Р и с . 4 . Сезонні тенденції в розподілі осадової речовини.

Т а б л и ц я 1 . Середні величини потоків речовини за даними різних авторів.

| організація-дослідник | район досліджень | кількість седиментаційних пасток, шт. | середня глибина встановлення пасток | потік речовини, г/см ² місяць |
|--|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--|
| Південний федеральний університет [10] | шельф моря (середнє) | 188 | 21 | 0,08 |
| | Утришський район | 20 | 30 | 0,1 |
| | Південний берег Криму | 2 | 33 | 0,09 |
| Інститут геологічних наук НАНУ | Південний берег Криму, сел.Кацівелі | 3 | 15* | 0,09 |
| | | 3 | 26 | 0,11 |

* при глибині моря 26 м пастка розташована не на дні, а в товщі води на рівні 15 м.

обумовлює, головним чином, залежність між кількістю атмосферних опадів та об'ємами потоків завислої речовини. Сезони інтенсивних дощів та злив характеризуються надходженням в море значних об'ємів осадового матеріалу в складі зливових потоків, які є домінуючим фактором в процесах осадконакопичення. Літературні джерела, зокрема [9] свідчать також про феномен вихрового переносу водних мас та зависі – воронкоподібні лінзи підвищених концентрацій зависі, що спостерігаються в Прикавказькій зоні Чорного моря, пов'язані з проходженням антициклонічних вихорів у водній товщі, і сприяють осадженню завислої речовини.

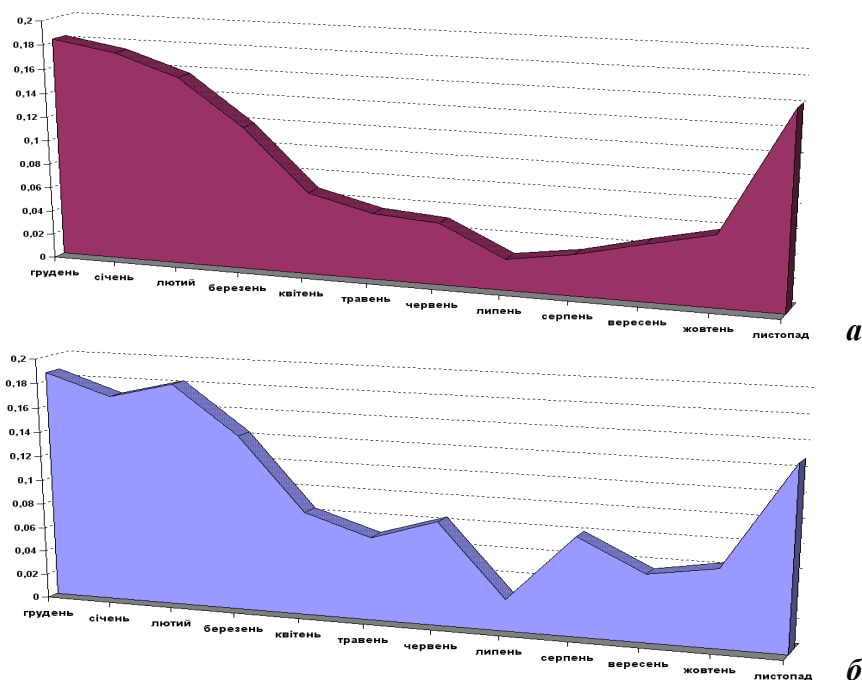
Наші фактичні дані вказують на те, що зміни інтенсивності потоків завислої речовини на різних вертикальних рівнях в шарі води обумовлюються не тільки нерівномірним надходженням в часі осадового матеріалу з водозбірних територій, але й низкою інших процесів. Зокрема, суттєвий вплив може мати гідродинамічна активність на ділянці досліджень.

По-перше, звертають на себе увагу особливості динаміки накопичення зависі в пастках різних рівнів – згладженість, відсутність суттєвих серед-

ньомісячних перепадів в інтенсивності седиментаційних процесів властива процесу накопичення речовини у пастках верхнього рівня (рис.5, а). Навпаки, максимальні коливання в об'ємах речовини, що осіла, спостерігаються для пасток нижнього рівня (рис.5, б).

Таку особливість, між іншим, можна пояснити процесами переводу верхнього шару донних відкладів в завислий стан в періоди штормів та взагалі хвильової активності. За спрямованістю седиментаційних процесів та гідролітодинамічними характеристиками ділянку, де розташована точка спостережень, можна віднести до областей змішаних процесів акумуляції та транзиту осадової речовини. Мінливість складу донних відкладів району досліджень – від пісків до глинистих алевритів та пелітів – обумовлює наявність процесів як ерозії, так і акумуляції. Змішані донні відклади визначаються зміною характеру та направленості седиментаційних процесів – осідання тонкого матеріалу за відносно довгі періоди переривається штормовими явищами, відбувається збурення верхнього шару донних відкладів, перехід в завислий стан та часткове пересування в напрямку материкового схилу.

Аналіз наших та запозичених [9, 10] матеріалів щодо сезонних особливостей осадконакопичення на різних ділянках шельфу Чорного моря також певним чином підтверджує зазначене. На рисунку 6 представлені зведені результати багаторічних моніторингових досліджень на різних ділянках північної частини шельфу Чорного моря (Прикавказька ділянка та Південний берег Криму). При глибинах відбору, які складають приблизно однакові значення (до 30 м), та однакових географічних умовах визначені ділянки



Р и с . 5 . Швидкість накопичення осадку (поток речовини, г/см² місяць) в пастках: верхнього рівня (а); нижнього рівня (б). Загальна площа дна седиментаційних циліндрів на кожному рівні складає $78,5 \times 3 = 235,5 \text{ см}^2$.

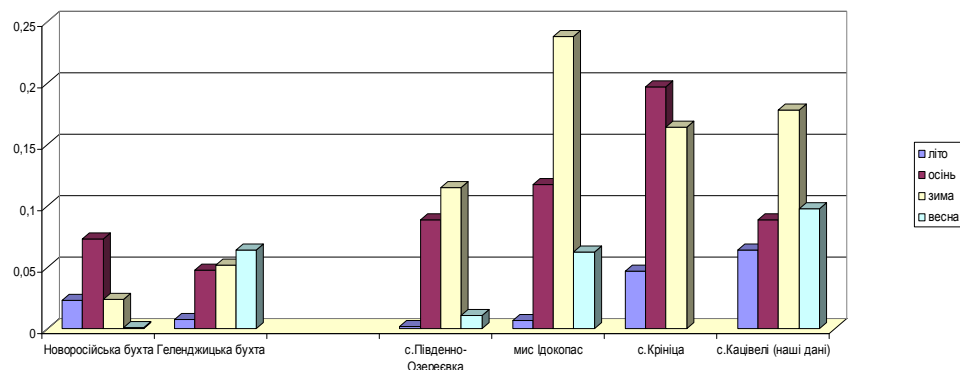


Рис. 6. Порівняльні дані інтенсивності надходження осадкоутворюючої речовини в седиментаційні пастки на різних ділянках північної частини Чорного моря (Південний берег Криму та Прикавказька зона моря).

поділяються тільки за гідродинамічними показниками – райони низької хвильової активності (Новоросійська та Геленджицька бухти) та відкриті ділянки узбережжя.

Графічний матеріал свідчить про суттєве зменшення загальної кількості накопиченої в пастках речовини на закритих від хвилювання ділянках, і помітне збільшення на відкритих площах. Те ж саме стосується і міжсезонних перепадів в обсягах накопиченої речовини. Такі результати складно обумовити тільки сезонними особливостями надходження теригенної речовини з території суходолу. Очевидно, суттєву роль в перерозподілі седиментаційної речовини відіграють гідродинамічні процеси, які не тільки збільшують інтенсивність абразії берегів, але і призводять до процесу реседиментації «наїлку» – верхнього шару донних відкладів в районах спостережень на відкритих ділянках шельфу.

Для більш ґрунтовного аналізу взаєморозподілу факторів впливу на процеси надходження та седиментації речовини на шельфі Чорного моря в подальшому необхідно залучення даних режимних спостережень за гідрометеорологічними умовами районів досліджень (розподілом напрямків та швидкості вітрів, кількістю опадів, повеневим явищами) а також гідрологічними характеристиками акваторії (хвильова активність, явища апвелінгу, зміни напрямків течій).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Наседкін Е.И., Кузнецов А.С., Цихоцкая Н.Н., Ключина А.К.* Мониторинг сезонных изменений минерального состава взвешенного вещества // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2005.– вып.12.– С.236-241.
2. *Митропольський О.Ю., Наседкін Є.І., Степняк Ю.Д., Кузнецов О.С.* Комплексний геоecологічний моніторинг шельфу – необхідна умова достовірної оцінки сучасного стану морських екосистем // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2005.– вып.13.– С.111-116.

3. *Геология шельфа УССР. Среда. История и методика изучения.*– Киев: Наукова думка, 1982.– 180 с.
4. *Наседкін Є.І, Довбиш С.М.* Досвід використання седиментаційних пасток в моніторингових дослідженнях шельфу // Від геології до біосферології. Матеріали всеукраїнської наукової конференції 21-23.02.2007 р.– Київ, 2007.– С.84-86.
5. *Разработка* технологии геоэкологического контроля окружающей среды по параметрам эоловой и водной взвеси / Митропольский А.Ю., Радзивил А.А., Усенко В.П. и др.– Отчет № 0194U030391.– Киев: ИГН НАН Украины, 1994.– 36 с.
6. *Гидрометеорологический режим Южного берега Крыма* / Зац В.И., Лукьяненко О.Я., Яцевич Г.В.– Л.: Гидрометеиздат, 1966.– 119 с.
7. *Мороз С.А., Митропольский А.Ю., Демедюк Ю.Н. и др.* Геохимический мониторинг Черного моря (Методические вопросы постановки и проведения режимных исследований приоритетных характеристик геохимической структуры бассейна Черного моря). Препринт.– Киев: ИГН АН УССР, 1990.– 45 с.
8. *Геология шельфа УССР. Литология.*– Киев: Наукова думка, 1985.– 189 с.
9. *Техногенное загрязнение и процессы естественного самоочищения Прикавказской зоны Черного моря* / Под ред. Глумов И.Ф., Кочетков М.В.– М.: Недра, 1996.– 502 с.
10. *Денисов В.И., Черноусов С.Я.* Потоки взвешенного вещества в области шельфа Черного моря (итоги 20-летних исследований) // Геология морей и океанов: Мат. XVII Международной научной конференции (школы) по морской геологии. Т.3.– М., 2007.– С.23-25.

Материал поступил в редакцию 15.09.2008 г.