



ЕКОФАКТОРНИЙ ПІДХІД ДО ЗОНУВАННЯ УКРАЇНСЬКОГО СЕКТОРУ ЧОРНОГО ТА АЗОВСЬКОГО МОРІВ

Мінічева Г.Г. – д.б.н., с.н.с.

ДУ «Інститут морської біології Національної академії наук України»
minicheva@ukr.net

Соколов Є.В. – к.б.н., с.н.с.

ДУ «Інститут морської біології Національної академії наук України»
sokolovev87@gmail.com

Запропоновано базовими критеріями зонування морських екосистем використовувати фактори, які впливають та забезпечують інтенсивність екологічних процесів. Продемонстровані можливості використання даних дистанційного зондування та ГІС у просторовому зонуванні морських акваторій. Для морської ексклюзивної зони України представлені карти розподілу важливих екофакторів – глибин, донних субстратів та середньорічних значень фотосинтетичної активної радіації. Проведений фототрофний поділ бенталі українського сектору Чорного і Азовського морів за екологічними зонами: інфралітораль, верхня циркулітораль, нижня циркулітораль, пелагічна циркулітораль – елітораль, верхня батіаль, нижня батіаль, континентальне підніжжя, абісаль.

Розраховані середні значення ФАР за глибинними горизонтами для кожної екологічної зони. Визначено, що найменші площі поширення ФАР в інфраліторальній зоні притаманні прилеглим ділянкам моря до р. Дунай та Дніпро-Бузького лиману. Найбільші значення характерні для заток, височин річкових палеодолин, палеотерас та пересипів.

На основі міжнародної бази геоданих EMODnet представлений розподіл субстратів та донних ґрунтів українського сектору Чорного моря. Запропоновані картографічні матеріали та геоінформаційні шари екофакторного зонування бенталі, що можуть бути використані у впровадженні стандартів водних директив ЄС для подальшого моніторингу та досягнення головної цілі кожного виділеного територіального підрозділу – доброго екологічного статусу (GES).

Продемонстровано, що розподіл кількості ФАР, структури та контурності ґрунтів підпорядкований геоморфологічним особливостям (розташування затоплених морем річкових палеодолин – жолобів, їх височин з водороздільними просторами) та поширенню алювіального матеріалу в зонах впливу річних стоків (плюмів).

Пропонується для визначення зон морського моніторингу екологічного статусу класу, за стандартами водних директив ЄС, використовувати індикатори, що пов'язані з інтенсивністю первинно-продукційного процесу.

Ключові слова: екофакторний підхід, фототрофне зонування, геоінформаційні системи, український сектор Чорного та Азовського морів.

Вступ

Зонування морських екосистем є важливим інструментом та інформаційною основою для прийняття рішень з широкого кола питань, пов'язаних з їх використанням, моніторингом, охороною та управлінням. При тому, що сучасні технології дистанційного зондування, геоінформаційні бази даних та ГІС істотно розширюють технічні можливості зонування, не менш важливою складовою частиною цього питання є концептуальний підхід, пов'язаний з вибором критеріїв, на основі яких відбувається виділення тих чи інших функціональних зон. Залежно від широкого спектра показників, які нині надають сучасні супутникові та ГІС-технології

під час зонування, можна отримувати територіальні одиниці, що відображають різні аспекти морських екосистем – географічні, геологічні, гідрологічні, гідрохімічні, біотопічні, екопроцесні, антропогенні та інші. У зв'язку з цим важливим методологічним питанням під час зонування морських екосистем є відповідність чинників, за якими проводиться зонування з цільовим призначенням територіальних одиниць, які будуть отримані в результаті такого зонування.

Наприклад, під час зонування перехідних, прибережних, шельфових і відкритих морських вод відповідно до вимог Водної Рамкової Директиви (WFD, 2000/60/EC) і Морської стратегії (MSFD, 2008/56/

ЕС) у числі рекомендованих критеріїв для прибрежних морських вод використовуються обов'язкові фактори: широта, довгота, діапазон припливів і відливів, солоність і необов'язкові фактори: швидкість течії, вплив хвиль, середня температура води, характеристики змішування, каламутність, середній склад субстрату, діапазон температури води (Guidance document No 5. Transitional and Coastal Waters). Вочевидь, що, використовуючи такі критерії, які насамперед відображають географічні, гідрологічні та гідрохімічні фактори, у разі виділення на їх основі територіальних одиниць, можна отримувати географо- і гідролого-гідрохімічні підрозділи (subdivisions). Необхідно звернути увагу, що у разі імплементації стандартів Водних Директив ЄС зонування національних морських вод проводиться для подальшого моніторингу та досягнення для кожного виділеного територіального підрозділу головної мети – доброго екологічного статусу (Good Ecological Status – GES). Категорія “GES” за правилами Морської стратегії визначається досить складним шляхом інтегральної оцінки 11 дескрипторів, які представлені біотичними та абіотичними елементами морських екосистем. Однак у самому терміні “GES” полягає головна мета – оцінка екологічного стану, який залежить від швидкості і врівноваженості екологічних процесів. З методологічної точки зору основною метою є моніторинг GES, то і проводити його доцільно на екологічних “subdivisions”, а не на географо-гідрологічних територіальних підрозділах. У цьому разі необхідно звернути увагу, що у разі екологічного зонування критеріями повинні виступати не тільки фактори, які характеризують абіотичну частину екосистеми, але і обов'язково екофактори, що безпосередньо впливають і формують інтенсивність первинно-продукційного процесу як першої ланки, з якої починається трансформація речовини та енергії. У цьому разі моніторинг GES на основі різних аспектів стану біологічного компонента, починаючи з біологічного різноманіття, видів вселенців і закінчуючи харчовими ланцюгами, які зумовлюють дескриптори Морської стратегії, буде максимально доцільним, якщо як моніторингові одиниці виступатимуть “subdivisions”, які пов'язані зі швидкістю екологічних процесів, і відповідно, зі структурно-функціональною організацією біологічних угруповань. З факторів, які енергетично визначають швидкість екологічних процесів, найбільш значущими є: фотосинтетична активна радіація (ФАР), що проникає у водну товщу, концентрація розчинених і зв'язаних поживних речовин (сполуки азоту і фосфору), принесених річковим стоком, і температурний режим, що має горизонтальні скачки і стратифікацію. Всі ці три важливі енергоскладники об'єднуються спе-

цифічним морфометричним параметром, характерним для тривимірного простору морської екосистеми – глибиною. Відомий факт, що найбільш продуктивні зони формуються на невеликих глибинах, у зонах річкового стоку, і навпаки, глибоководні зони відкритих морських вод можуть представляти приклади практично повного припинення біологічних процесів. У зв'язку з цим не дивно, що у разі виділення морських біотопів України саме глибина була визнана визначальним критерієм, пов'язаним з освітленістю: М1 – Зона субліторалі, М2 – Зона псевдоліторалі, М3 – Зона супраліторалі (Кузьменко та ін. 2018). Один з важливих екологічних факторів – освітленість використовується у фототрофному підході стосовно морського середовища та, на відміну від наземного, зумовлює тривимірне, багаторівневе зонування. Фототрофне зонування, своєю чергою, може бути основою для просторового управління в досягненні ефективного збереження морського біорізноманіття (Vince, and Day 2020).

Використання геоінформаційних баз даних (цифрові растри та векторні шари) дає можливість аналізувати розподіл тих чи інших екофакторів, розраховувати засобами ГІС їх статистичні характеристики, визначати локалізацію найбільших градієнтів значень, аномалій розподілу відносно середнього або фонового значення, проводити просторовий кореляційний аналіз та інше.

Наведена вище постановка питання зумовлює мету роботи як демонстрацію можливостей екофакторного підходу до зонування морських екосистем, поєднаного з можливостями супутникового дистанційного зондування, оброблених засобами ГІС, на прикладі українського сектору Чорного та Азовського морів.

Матеріал та методи досліджень

В основі методологічного підходу цільової відповідності критеріїв як властивостей територіальних одиниць зонування були використані принципи цілісного аналізу екосистемних процесів, ієрархічної системи одиниць районування та морської біогеоценології (Бурковский 2006; Петров 2010). Для фототрофного районування північно-західної частини Чорного моря використовувалися морфофункціональні індикатори стану макрофітобентосу (Миничева, Зотов, и Косенко 2003). Закономірності глибинного розподілу різних рівнів екологічної активності донних фітоценозів у центральній частині північно-західного шельфу, в районі Філофорного поля Зернова, були отримані в результаті досліджень, виконаних у рамках експедиційних програм проекту ЕМБЛАС-II і ЕМБЛАС-PLUS у період 2016, 2017, 2019 років. З метою виділення вертикальних ярусів бенталі проведений батиметричний аналіз, для якого використані цифрові моделі рельєфу

(EMODnet DTM 2020; GEBCO 2020). Ізолінії глибин будувалися у ГІС пакеті QGIS. Розподіл густини ізоліній використовувався як індикатор однорідності форм вертикального районування, стрибок відстані між ізолініями слугував показником зміни морфологічної форми бенталі. До біотопічного аналізу були долучені цифрові растри розподілу ФАР, яка досягає морського дна (на основі супутника MERIS), та векторні шари розподілу донних субстратів, що надаються Європейським Космічним Агентством у рамках проєкту EMODnet Seabed Habitats.

Результати та обговорення

Батиметрична інформація у вигляді цифрових растрів дозволила побудувати розподіл інтегрального екофакторного показника – глибин українського сектору Чорного та Азовського морів (рис. 1), що є важливою інформацією в розумінні розподілу інтенсивності екологічних процесів у морському середовищі та поширенні біологічного компонента, у тому числі автотрофних угруповань, життєдіяльність яких пов'язана з проникненням ФАР.

Класифікація бенталі в океанології зводиться до таких структурних підрозділів, які пов'язані як з глибиною, так і з геологічним профілем: сублітораль (шельф), батіаль (материковий схил), абісаль (океанічне ложе), ультраабісаль або хадаль (Hedgrath 1957; Briggs 1995).

У межах вертикальних ярусів також виділяють пояси та зони (Петров 1999). Аналіз літератури пока-

зує, що єдиної схеми ярусного зонування бенталі немає. Своєю чергою зонування шельфу – *неритової зони* (Петров 1999; Евсеєва, Шпанский 2013) – за мірою освітленості, геоморфології, гідродинаміки і пов'язаних з ними структури донних біоценозів поділяють на:

- *інфралітораль* – тягнеться до межі поширення фотофільної рослинності (Жирков 2010), найчастіше за межу інфраліторалі приймають глибини проникнення квіткових рослин (Peres 1961);

- *циркалітораль* – горизонт з низькою освітленістю, тягнеться до нижньої межі сциафільної рослинності – фіталі (Жирков 2010; Hiscock 1983);

- *елітораль* – зона, що розташована нижче за максимальні глибини поширення рослинності (Калайда 2013; Петров 1999).

Геоморфологічна будова батіалі – *пелагічної зони* – та пов'язані з нею крутизна схилу, характер акумулятивності донних осадів може зумовлювати два або три яруси батіалі (Петров, 1999). Нижню частину батіалі, що має найбільший акумулятивний характер і найменший ухил у результаті седиментації осадів, прийнято називати континентальним підніжжям (Castro, and Huber 2003).

Своєю чергою зонування субліторалі ґрунтується не лише на геоморфологічних властивостях, але і на фототрофній ландшафтно-біоценотичній структурі. Ярусне зонування може бути проведене на основі геоботанічних розрізів і за глибинними горизонтами, які є індикаторами біоценотичних

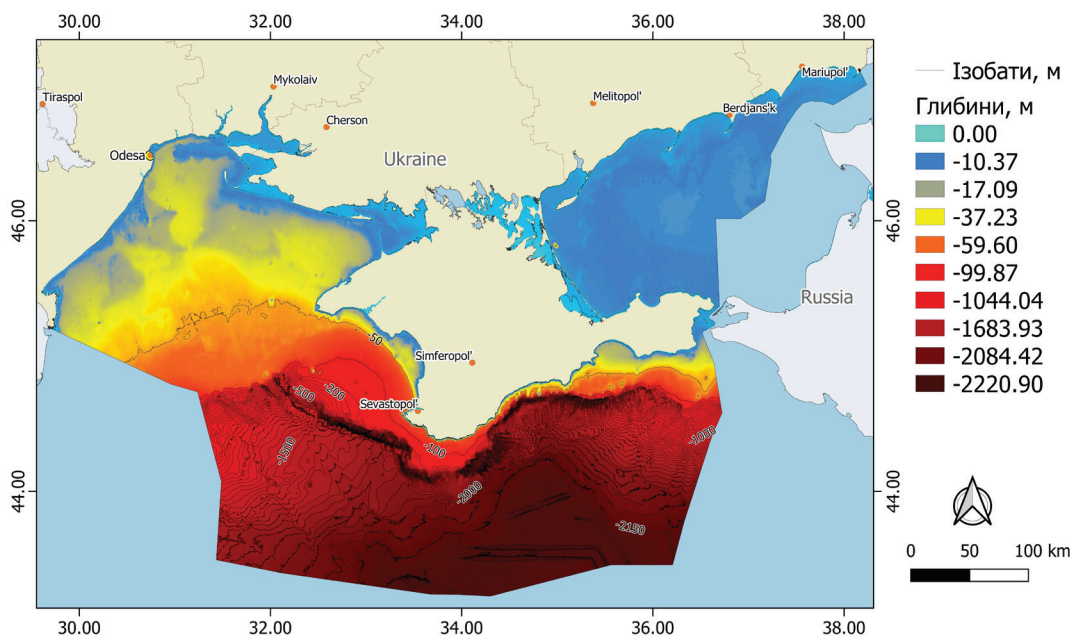


Рис. 1. Розподіл глибин українського сектору Чорного та Азовського морів у межах ексклюзивної економічної зони

комплексів. Такий підхід передбачає виділення вертикальних ярусів субліторалі за глибинами проникнення угруповань макрофітів.

Вертикальний розподіл рослинного покриву (фіталь) у Чорному морі характеризується такою структурою: горизонт фотофільної рослинності: 1 ярус (0,1–5 м), 2 ярус (5–15 м), 3 ярус (15(18)–25(30) м); горизонт сциофільної рослинності: 1 ярус (25(30)–60 м), 2 ярус (60–90 м) (Черное море 1983).

Для угруповань водної рослинності верхніх ярусів характерна чітко виражена сезонна зміна видового складу, зумовлена впливом комплексу абіотичних факторів, які значно змінюються впродовж року. У нижніх ярусах видовий склад більш стабільний впродовж року внаслідок слабких сезонних змін гідрологічного режиму та ФАР. Глибини 0,1–5 м характеризуються максимальною освітленістю, близькою до поверхневої, і майже повним поглинанням променів червоної частини спектра. Це зона, в якій спостерігається найвищий рівень первинної продуктивності, а у складі рослинних угруповань розвиваються види з високими значеннями питомої поверхні популяцій за рахунок високої інтенсивності автотрофних процесів (Миничева 1998). На глибині 5–15 м освітленість знижується майже в 5 разів, поглинаються промені блакитної частини спектра і значно скорочується тривалість дня. На глибині 15–30 м освітленість падає у 10 разів і тривалість дня становить не більше години (Калугина-Гутник 1975).

Однією з особливостей північно-західного шельфу Чорного моря є розташування його у фітофільній зоні на глибинах 15–60 м. Великі площі донної поверхні у поєднанні з поживними річковими водами створили тут унікальні умови для біотопів червоних водоростей з родини філофорових (*Phyllophoraceae*), які утворили тут відомі скупчення під назвою «Філофорове поле Зернова». В останні десятиліття в процесі відродження рослинних угруповань шельфу після інтенсивної евтрофікації періоду 70–80-х минулого століття, окрім трьох видів представників роду *Phyllophora*, тут стали розвиватися угруповання нитчастих водоростей з високими значеннями питомої поверхні, для яких потрібний високий рівень освітленості. Нитчасті водорості є фітофільним індикатором і їх розподіл приурочений до глибин від 25 м і вище, де вони трапляються в асоціації з філофорою (Minicheva 2007). З 30–35 м і глибше до 55–60 м перевагу розвитку отримує *Phyllophora crispa*. На великих глибинах зменшення освітленості знижує загальну інтенсивність енергетичного потоку, що потрапляє в придонний шар, необхідного для розвитку функціонально активних видів водоростей, таких як нитчасті. Це призводить до того, що екологічну нішу може використовувати тільки філофора, яка має один з най-

нижчих значень питомої поверхні з усіх чорноморських макрофітів (Миничева, Косенко і Швець 2009; Minicheva, and Tretiak 2019). На глибині від 55–60 до 80–90 м освітленість дуже слабка і не забезпечує фотосинтез рослин. Тут водорості трапляються дуже рідко і не утворюють стійкий рослинний покрив. Ці літературні відомості добре сходяться з просторовим розподілом ФАР, що досягає бенталі (рис. 2). Так, розраховані середні значення ФАР за глибинними горизонтами характеризуються таким розподілом: 0–15 – 1,55; 15–30 – 0,22; 30–55 – 0,05; 55–90 – 0,01 (м – мол.фот. м⁻².день⁻¹).

Розподіл кількості ФАР, яка досягає дна, зумовлений геоморфологічними особливостями (розташування затоплених морем річкових палеодолин – жолобів, їх височин з водороздільними просторами), а також мутності води та пов'язаної з нею зони впливу річних стоків (плюмів). Найменші площі поширення ФАР на глибинах до 15 м притаманні прилеглим ділянкам моря до р. Дунай та Дніпро-Бузького лиману. Відповідно, найбільші значення характерні для заток, височин річкових палеодолин, палеотерас та пересипів (Одеська та Дністровська банки, Будакська, Західно-Тендрівська та Дністровська височини).

З урахуванням вище наведених даних за межу інфраліторалі пропонується використовувати відому глибину поширення квіткових рослин, а саме асоціацій роду *Zostera* в Чорному морі, яка, за даними різних авторів, становить 0,1–15 м (Костенко, и Дикий 2004) та 0,5–17 м (Мильчакова 2008). В основу ярусності циркуліторалі запропоновано покласти межі поширення Великого філофорного поля Зернова у референтних умовах 60-х років, які були отримані у вигляді геоінформаційного шару на основі ретроспективного аналізу (Калугина-Гутник, Лачко 1966) та з урахуванням сучасного розподілу фітоценозів філофори з домінуванням нитчастих водоростей і філофори, асоційованої з гідроїдами (Миничева, Косенко, Швець 2009).

Материковий схил Чорного моря також ділять на яруси: перший знаходиться на глибині від 100 до 800–1000 м – це найкрутіша і сильно розчленована ділянка схилу. Другий ярус обмежує глибини до 1500–1800 м – вона має менший ухил ніж перша. Ще менший ухил третього ярусу – материкове підніжжя, яке тягнеться до глибини 2000 м (Черное море 1983). Ця класифікація добре збігається з даними розподілу глибин та ухилів на основі цифрових моделей батиметрії.

Таким чином, у результаті фототрофного зонування українського сектору Чорного та Азовського морів запропоновані геоінформаційні шари та картографічні матеріали поділу бенталі (рис. 3) за такими інтервалами глибин:

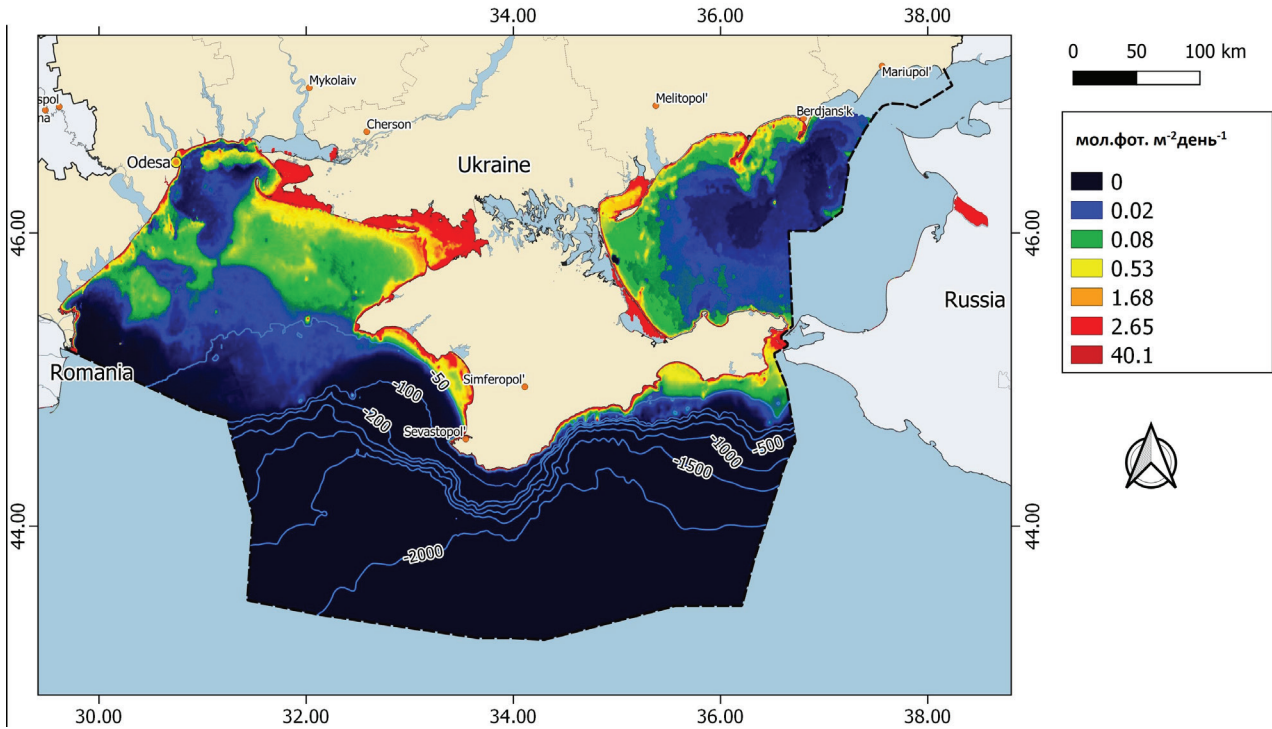


Рис. 2. Середньорічний розподіл ФАР за глибинними горизонтами, розрахований за даними Європейського Космічного Агентства в рамках проекту EMODnet Seabed Habitats

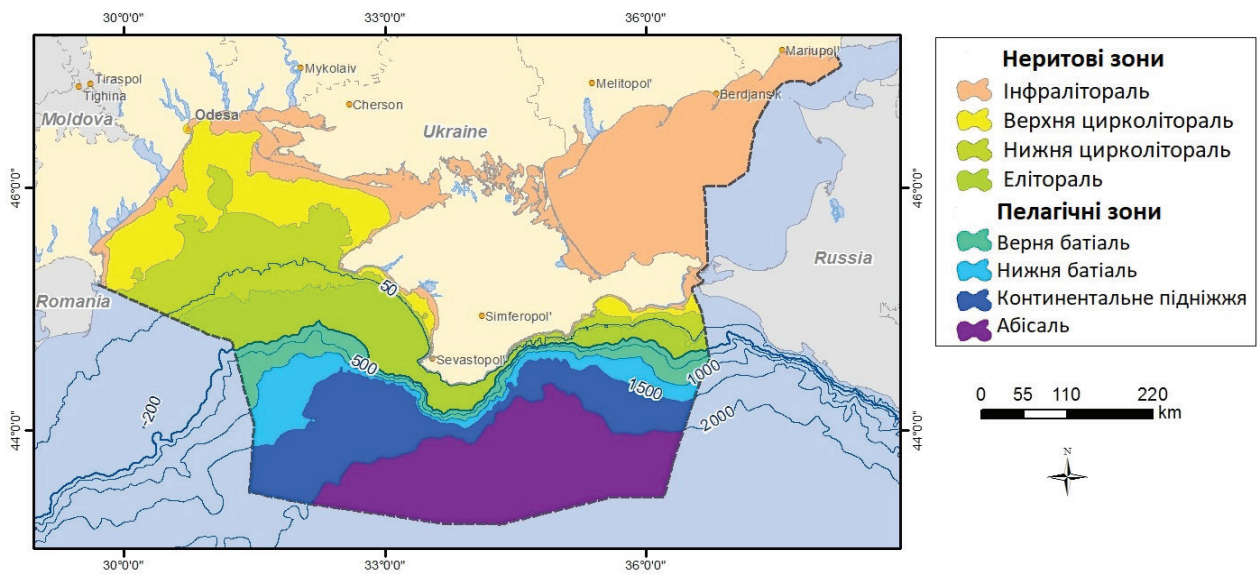


Рис. 3. Екологічні зони морського дна українського сектору Чорного та Азовського морів

- інфралітораль (infralitoral) – 0–15 м;
- верхня циркулітораль (upper circalitoral) – 15–30 м;
- нижня циркулітораль (lower circalitoral) – 30–55 м;
- пелагічна циркулітораль – елітораль (offshore circalitoral) – 55–200 м;
- верхня батіаль (upper batial) – 200–1000 м;
- нижня батіаль (lower batial) – 1000–1500 м;
- континентальне підніжжя (continental rise) – 1500–2000 м;
- абісаль (abyssal) – > 2000 м.

Розподіл донних ґрунтів на шельфі Українського сектору Чорного моря поряд з розглянутими вище характеристиками є основою класифікації морських оселищ за системою EUNIS (EUNIS

2019). Найбільше різноманіття та контурність ґрунтів за геоінформаційними базами даних EMODnet припадає саме на інфраліторальну – верхню циркуліторальну зону, з максимальними значеннями в районі Одеської банки, Ягорлицької та Тендрівської заток, що пов'язано з цілою системою геоморфологічних структур у місцях дисипації річкового стоку, де змішуються морські та теригенні процеси (рис. 4). Розподіл контурності ґрунтів відображає поширення алювіального матеріалу вздовж берегів, вплив річок у трансформації рельєфу бенталі (в тому числі формування системи палеодолин), осадоутворення (біогенного або теригенного походження), кисневі умови та інше. Окрім загальної (уніфікованої) інформації векторних шарів баз даних EMODnet, до аналізу розподілу, походження, розташування, гранулометрії та складу донних ґрунтів (субстратів) були долучені результати регіональних досліджень, що добре збігаються з проведеним просторовим ГІС аналізом.

Донні палеодолини річок, базис стоку яких розташований на глибині 90 м, згладжені осадами біогенного і теригенного генезису (Иноземцев и др. 2014). У складі осадів дна в північно-західній частині Чорного моря найбільшу роль відіграє біогенний матеріал (Самышев, Золотарёв 2018; Чепижко, Тюленева 2009). Грубий матеріал (coarse substrate) переважно представлений черепашкою та черепашковим детритом.

У верхній циркуліторальній частині шельфу поверхні схилів палеодолин здебільшого покриті полями черепашників з мідієвим детритом різного ступеня дроблення та черепашковими пісками (поширення чистої черепашки – 20–30 м). Шар черепашників, майже чистих від теригенних частинок, прилягає до північно-західної частини Чорного моря та Керченської затоки, в будові яких до того ж велику роль відіграють вапняки. У черепашкових ґрунтах вміст піщаної фракції становить від 0,06 до 4%, алевритового матеріалу – від 0,6 до

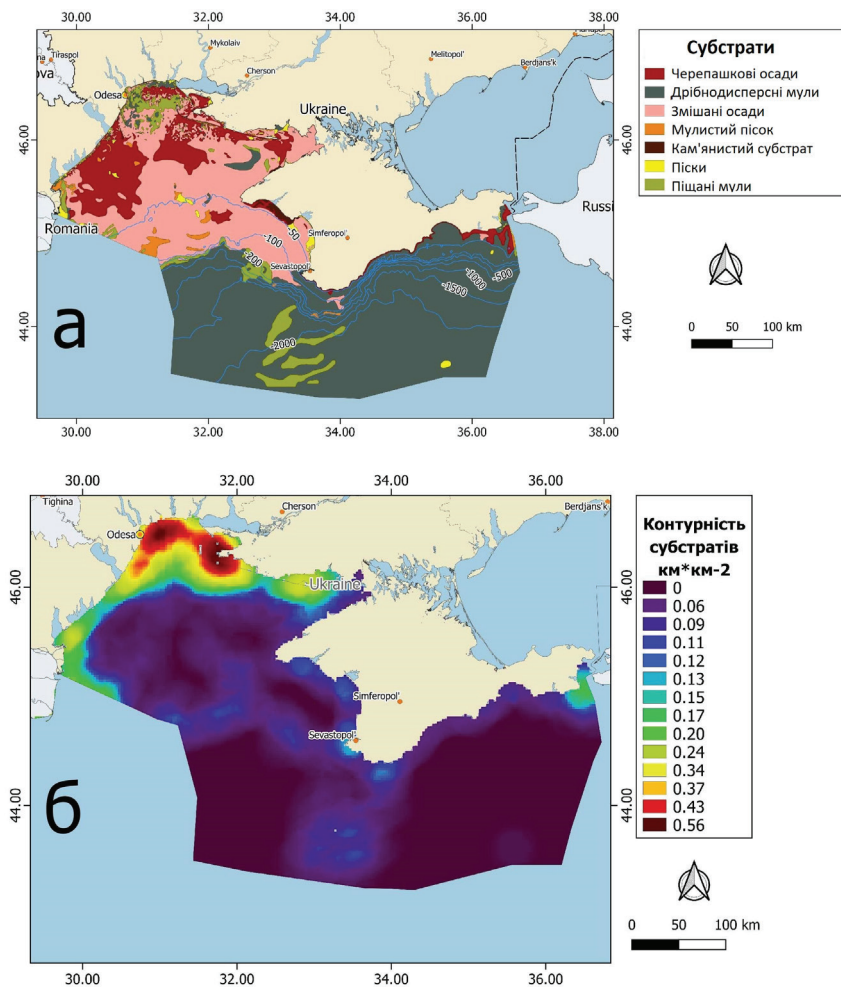


Рис. 4. Розподіл субстратів та донних ґрунтів (за даними EMODnet): а – типів субстратів; б – щільності контурів

5%. За гранулометричною фракцією на підводних височинах максимуми припадають на псефітову (20–5 мм) і псаммітову (0,5–0,1 мм) розмірності. Черепашкова суміш представлена стулками раковин *Modiola phaseolina* і *Mytilus*, рідше *Cardium*, *Loripes* та інших родів. У палеодолинах (жолобах, пологих западинах) у міру збільшення глибин черепашкова суміш змінюється мулистими черепашками і черепашковими мулами (Самишев, Золотарєв 2018; Чепижко, Тюленева 2009; Фесюнов, Назаренко 1991; Страхов 1948).

Донні осади мілководної прибережної смуги і Одеської банки – черепашкові піски та черепашковий детрит. Осад Дніпровського жолоба більшою мірою порівняно з іншими палеодолинами утворений мулами теригенного походження (чорний дрібноалевритовий мул з окремими лінзами пелітового мулу) з фракціями черепашника (особливо в південних районах) (Доценко и др. 2012; Самишев, Золотарєв 2018), дно жолоба майже не містить черепашкового матеріалу. Мулисті осади поширені також у південній частині Одеської улоговини і в районі авандельти Дунаю (Фесюнов, Назаренко 1991), накопичення яких тут пов'язане з твердим стоком р. Дніпро. Донні відкладення палео-Дністра представлені переважно грубозернистим осадом. У межах ландшафтного району палео-Сарати (морський район навпроти групи лиманів Тузловської групи) відзначається присутність псефітової (великоуламкової – гравійної) і піщаної розмірностей з домішкою алеврито-пелітових частинок. Тонкозернисті відкладення (алевритові і глинисті мули) утворюються тут завдяки теригенному стоку р. Дунай (Чепижко, Тюленева 2009). У південній частині шельфу північно-західного Причорномор'я черепашкові ґрунти поступово змінюються черепашковими мулами, масово поширеними на глибинах понад 50 м. Вміст пелітової фракції тут досягає 70% та більше,

вміст черепашки становить близько 10% (Самишев, Золотарєв 2018). За фауністичними ознаками мули поділяються на типи (фації): мідієві (*Mytilus galloprovincialis*) і теребеллідні (*Terebellides stroëmi*) мули з черепашкою на глибинах 30–65 м; фазеоліновий мул – 55–125 м (*Modiolus phaseolinus*) товщиною близько 30 см; дрейсеновий мул (*Dreissena polymorpha*) розташований біля базису ерозії палеодолин затоплених річок та у верхній частині континентального схилу; коколітові мули – притаманні батіальній та абісальній зонам (Страхов 1948; BSC 2008; Chiocci and Chivas 2014).

Висновки

Таким чином, можна зробити висновок, що екофакторний підхід дозволяє проводити цільове екологічне зонування морських екосистем, у результаті якого можливе виділення територіальних одиниць, що відрізняються інтенсивністю трансформації речовини та енергії. Освітленість, поживні речовини річкового стоку, температурний режим добре інтегруються морфологічним параметром морської екосистеми – глибиною. Зони розподілу ФАР, екологічне зонування, отримане на підставі інтервалу глибин, і розподіл субстратів і донних відкладів для чорноморсько-азовської ексклюзивної економічної зони України є демонстрацією можливості отримання з використанням сучасних супутникових технологій, територіальних одиниць, що відображають інтенсивність екологічних процесів. Своєю чергою прямий зв'язок екофакторів, швидкості первинно-продукційного процесу, структурно-функціональної організації біологічних угруповань і екологічного статусу морської екосистеми дозволяє зробити висновок, що у разі виділення територіальних одиниць морського моніторингу України відповідно до стандартів водних Директив ЄС для досягнення GES доцільно базуватися на екофакторному підході зонування.

Список використаних джерел

1. Бурковский И.В. Морская биоценология. Организация сообществ и экосистем. Москва : Т-во науч. изд. КМК, 2006. 285 с.
2. Доценко С.А., Подплетная Н.Ф., Секундяк Л.Ю., Павлова Е.А. Загрязнение донных осадков Одесского района северо-западной части Черного моря нефтепродуктами и тяжелыми металлами. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2012. № 10. С. 230–238.
3. Жирков И.А. Биогеография и биоэкология бентоса. Москва : Т-во научных изданий КМК, 2010. 453 с.
4. Зайцев Ю.П. Введение в экологию Черного моря. Одесса : ГЭФ-ПРООН, «Евен», 2006. 224 с.
5. Иноземцев Ю.И., Ступина Л.В., Тюленева Н.В., Парышев А.А., Маслаков Н.А., Сидоренко В.Б., Рыбак Е.Н., Мельниченко Т.А., Паславская О.В. Палеогеография северо-западного шельфа Черного моря в голоцене. *Вестник ОНУ им. И.И. Мечникова*. 2014. Т. 19. С. 43–52.
6. Калайда М.Л., Хамитова М.Ф. Гидробиология : учебное пособие. Санкт-Петербург : Проспект Науки, 2013. 192 с.
7. Калугина-Гутник А.А., Лачко О.А. Состав, распределение и запасы водорослей Черного моря в районе Филлофорного поля. *Распределение бентоса и биология донных животных в южных морях*. 1966. С. 112–131.
8. Калугина-Гутник А.В. Фитобентос Черного моря. Киев : Наукова думка, 1975. 247 с.
9. Костенко Н.С., Дикий Е.А., Алексеева С.П. Фитобентос юго-восточной части Крымского побережья Черного моря. Карадаг. *Гидробиологические исслед.*

- довання : Сб. науч. тр., посвящ. 90-летию Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского и 25-летию Карадагского природного заповедника НАН Украины. Симферополь : СОНАТ. 2004. Кн. 2. С. 66–84.
10. Національний каталог біотопів України / За ред. А.А. Кузьменко, Я.П. Дідуха та ін. Київ, 2018. 442 с.
11. Мильчакова Н.А. Морские травы южных морей Евразии: состав, распространение и структурно-функциональные особенности (обзор). *Тр. ЮЗНИИРО*. 2008. Т. 46. С. 93–101.
12. Миничева Г.Г. Морфофункциональные основы формирования морского фитобентоса : автореф. дис. ... док. биол. наук : 03.00.17. Севастополь, 1998. 32 с.
13. Миничева Г.Г., Зотов А.Б., Косенко М.Н. Методические рекомендации по определению комплекса морфофункциональных показателей одноклеточных и многоклеточных форм водной растительности : ГЭФ ПРООН, Проект по восстановлению экосистемы Черного моря. Одесса, 2003. 32 с.
14. Миничева Г.Г., Косенко М.Н., Швець А.В. Фитобентос большого и малого Филлофорных полей как отражение современного экологического состояния северо-западной части Черного моря. *Морской экологический журнал*. 2009. №4 (8). С. 24–40.
15. Петров К.М. Биogeография океана. Биологическая структура океана глазами географа. Санкт-Петербург, 2001. 255 с.
16. Петров К.М. Большие морские экосистемы: Принципы построения иерархической системы единиц районирования Арктических морей на примере Баренцева моря. *Биосфера* : международный научный и прикладной журнал. 2009. №2. С. 133–152.
17. Самышев Э.З., Золотарёв П.Н. Механизмы антропогенного воздействия на бенталь и структуру донных биоценозов северо-западной части Черного моря. Севастополь : ООО «Колорит», 2018. 208 с.
18. Страхов Н.М. Основы исторической геологии. Москва, 1948. Ч. 1. 256 с.
19. Фесюнов О.Е., Назаренко М.Ф. Геоморфологические и экологические особенности гипоксии северо-западного шельфа Черного моря. *Экология моря*. 1991. Вып. 37. С. 20–26.
20. Чепижко А.В., Тюленева Н.В. Факторы современного осадконакопления в пределах ландшафтных районов подводных возвышенностей Днестровской и Будацкой возвышенностей, Одесской банки и впадин Днепровского желоба, Палео-Сараты и Палео-Днепра (северо-западный шельф Черного моря). *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*. 2009. № 32. С. 49–56.
21. Черное море: Сборник / пер. с болг. А. Вылканов, Х. Данов, Х. Маринов и др. Ленинград : Гидрометеиздат, 1983. 408 с.
22. BSC, 2008. State of the Environment of the Black Sea (2001–2006/7). / Edited by Temel Oguz. *Publications of the Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution (BSC)*. Istanbul, Turkey. 2008. No. 3. 448 p.
23. Briggs J.C. *Global biogeography*. Elsevier, Amsterdam–Lausanne–New York – Oxford – Shannon – Tokyo. 1995. 454 p.
24. Castro P. Huber M.E. *Marine Biology*. New York : 4th Edn., McGraw Hill Book Company Inc., 2003. 456 p.
25. Chiocci F.L. & Chivas A.R. Continental Shelves of the World: Their Evolution During the Last Glacio-Eustatic Cycle. *The Geological Society, Memoirs*. 2014. Vol. 41. P. 199–212. DOI: 10.1144/M41.14
26. DIRECTIVE 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy, 23 October 2000. (WFD, 2000/60/EC)
27. DIRECTIVE 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of marine environmental policy, 17 June 2008. (MSFD, 2008/56/EC)
28. European Marine Observation Data Network (EMODnet) Seabed Habitats project. URL: <https://www.emodnet-seabedhabitats.eu/>
29. EUNIS habitat type hierarchical view. URL: <http://eunis.eea.europa.eu/habitats-code-browser.jsp>
30. General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO). URL: <http://www.bodc.ac.uk/data/online-delivery/gebco>
31. Guidance document No 5. Transitional and Coastal Waters. Typology, Reference Conditions and Classification Systems. URL: [https://circabc.europa.eu/sd/a/85912f96-4dca-432e-84d6-a4dded785da5/Guidance%20No%205%20-%20characterisation%20of%20coastal%20waters%20-%20COAST%20\(WG%202.4\).pdf](https://circabc.europa.eu/sd/a/85912f96-4dca-432e-84d6-a4dded785da5/Guidance%20No%205%20-%20characterisation%20of%20coastal%20waters%20-%20COAST%20(WG%202.4).pdf)
32. Hedgpeth J.W. *Marine biogeography. Treatise on marine ecology and paleontology. Mem. Geol. Soc. Am. Vol. 67 (1)*. 1957. P. 359–382.
33. Hiscock K. Water movement in Sublittoral ecology. *The ecology of shallow sublittoral benthos* (ed. R. Earll & D.G. Erwin). Oxford: Clarendon Press. 1983. P. 58–96.
34. Minicheva G.G. Contemporary morpho-functional transformation of seaweed communities of the Zernov Phyllophora Field. *International Journal on Algae*, 2007. No. 9 (1). P. 1–21.
35. Minicheva G.G., Tretiak I.P. Long-term restoration of the Zernov's Phyllophora Field. *VI International Conference Advances in Modern Phycology. Book of Abstracts*, 15–17 May 2019, Kyiv, Ukraine. Kyiv. 2019. P. 70–72.
36. Peres J.M. *Ocenographie biologique et biologie marine*. Paris : P.U.F, 1961. T. 1. 541 p.
37. Vince J., Day J.C. Effective integration and integrative capacity in marine spatial planning. *Maritime Studies*. 2020. DOI: 10.1007/s40152-020-00167-1.

References

- Burkovskiy, I.V. (2006). *Morskaya biotsenologiya. Organizatsiya soobshchestv i ekosistem [Marine Biocenology. Organization of communities and ecosystems]*. Moscow: T-vo nauch. izd. KMK [in Russian].
- Dotsenko, S.A., Podpletnaya, N.F., Sekundyak, L.Yu., & Pavlova Ye.A. (2012). Zagryazneniye donnykh osadkov Odesskogo rayona severo-zapadnoy chasti Chernogo morya nefteproduktami i tyazhelymi metallami [Pollution of bottom sediments of the Odessa region of the north-western part of the Black Sea with oil products and heavy metals]. *Ukrainskyi hidrometeorologichnyi zhurnal – Ukrainian Hydrometeorological Journal*, 10, 230–238 [in Russian].
- Evseeva, N.S., & Shpansky, A.V. (2013). *Metody paleogeograficheskikh issledovaniy [Methods of paleogeographic research]*. Tomsk: Izd-vo Tom. un-ta [in Russian].
- Zhirkov, I.A. (2010). *Biogeografiya i bioekologiya bentosa [Biogeography and Bioecology of Benthos]*. Moscow: T-vo nauchnykh izdaniy KMK [in Russian].
- Inozemtsev, Yu.I., Stupina, L.V., Tyuleneva, N.V., Paryshev, A.A., Maslakov, N.A., Sidorenko, V.B., & Rybak, Ye.N., & Mel'nichenko, T.A., & Paslavskaya, O.V. (2014). Paleogeografiya severo-zapadnogo shel'fa Chernogo morya v golotsene [Paleogeography of the north-western Black Sea shelf during Holocene]. *Vestnik Odesskogo natsional'nogo universiteta. Geograficheskie i geologicheskie nauki – Odessa National University Herald. Geography and Geology*, 1 (19), 43–52 [in Russian].
- Kalayda M.L., & Khamitova M.F. (2013). *Gidrobiologiya: uchebnoye posobiye [Hydrobiology: textbook]*. Sankt-Peterburg: Prospekt Nauki [in Russian].
- Kalugina-Gutnik, A.A., & Lachko, O.A. (1966). *Sostav, raspredeleniye i zapasy vodorosley Chernogo morya v rayone Fillofornogo polya. Raspredeleniye bentosa i biologiya donnykh zhyvotnykh v yuzhnykh moryakh [Composition, distribution and reserves of the Black Sea algae in the area of the Phyllophora field. Distribution of benthos and biology of benthic animals in the southern seas]*. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
- Kalugina-Gutnik, A.V. (1975). *Fitobentos Chernogo moray [Phytobenthos of the Black Sea]*. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
- Kostenko, N.S., Dikiy, Ye.A., & Alekseyeva, N.A. (2004). Fitobentos yugo-vostochnoy chasti Krymskogo poberezh'ya Chernogo moray [Phytobenthos of the south-eastern part of the Crimean coast of the Black Sea]. *Karadag. Hidrobiologicheskiye issledovaniya: Sb. nauch. tr., posvyashch. 90-letiyu Karadagskoy nauchnoy stantsii im. T.I. Vyazemskogo i 25-letiyu Karadagskogo prirodnogo zapovednika NAN Ukrainy*, 2, 66–84 [in Russian].
- Kuzmenko, A.A., Didukh, Y.P., Onishchenko, V.A., & Sheffera, YA., (Eds.). (2018). *Natsionalnyi katalog biotopiv Ukrainy [Classification of vegetation and biotopes of Ukraine]*. Kyiv: FOP Klymenko Yu.Y. [in Ukrainian].
- Milchakova, N.A. (2008). Morskiye travy yuzhnykh morey Yevrazii: sostav, rasprostraneniye i strukturno-funktsional'nyye osobennosti (obzor) [Marine weeds of Eurasia southern seas: composition, distribution and structural-functional features (review)]. *Tr. YugNIRO*, 46, 93–101 [in Russian].
- Minicheva, G.G. (1998). *Morfofunktsionalnye osnovy formirovaniya morskogo fitobentosa [Morphological and functional foundations of the formation of marine phytobenthos]*. *Doctor's thesis*. Sevastopol [in Russian].
- Minicheva, G.G., Zotov, A.B., & Kosenko, M.N. (2003). Metodicheskiye rekomendatsii po opredeleniyu kompleksa morfofunktsional'nykh pokazateley odnokletochnykh i mnogokletochnykh form vodnoy rastitel'nosti [Methodical recommendations for determining the complex of morphological and functional indicators of unicellular and multicellular forms of aquatic vegetation]. Odessa: GEF PROON, proyekt po vosstanovleniyu ekosistemy Chernogo morya [in Russian].
- Minicheva, G.G., Kosenko, M.N., & Shvets, A.V. (2009). Fitobentos bolshogo i malogo Fillofornykh poley, kak otrazheniye sovremennogo ekologicheskogo sostoyaniya severo-zapadnoy chasti Chernogo morya [Phytobenthos of the Large and Small Phyllophora Fields as a reflection of the contemporary ecological state of the the north-western Black Sea]. *Morskoy ekologicheskij zhurnal – Marine ecological journal*, 8, 24–40 [in Russian].
- Petrov, K.M. (1999). *Biogeografiya okeana. Biologicheskaya struktura okeana glazami geografa [The biological structure of the ocean through the eyes of a geographer]*. Sankt-Peterburg: Izd-vo SPbGU [in Russian].
- Petrov, K.M. (2010). Bolshiye morskiye ekosistemy: printsipy postroyeniya iyerarkhicheskoy sistemy yedinit rayonirovaniya arkticheskikh morey na primere Barentseva morya [Large marine ecosystems: construction principles for a hierarchical system of arctic]. *BIOSFERA: Mezhdunar. nauch. i prikladnoy zhurnal – International journal of applied and fundamental research*. Retrieved from: <http://www.biosphere21century.ru/> [in Russian].
- Samyshev, E.Z., & Zolotarev, P.N. (2018). *Mekhanizmy antropogennogo vozdeystviya na bental' i strukturu donnykh biotsenozov severo-zapadnoy chasti Chernogo moray [Pattern of anthropogenic impact on benthos and structure of bottom biocenoses in the north-west part of the Black Sea]*. Sevastopol: OOO “Kolorit” [in Russian].
- Strakhov, N.M. (1948). *Osnovy istoricheskoy geologii [Foundations of Historical Geology]*. (Vol. 1). Moscow [in Russian].
- Fesyunov, O.Ye., & Nazarenko, M.F. (1991). Geomorfologicheskiye i ekologicheskiye osobennosti gipoksii severo-zapadnogo shel'fa Chernogo moray [Geomorphological and ecological features of hypoxia of the north-western shelf of the Black Sea]. *Ekologiya moray – Ecology of the sea*, 37, 20–26 [in Russian].

20. Chepizhko, A.V., & Tyuleneva, N.V. (2009). Faktory sovremennogo osadkonakopleniya v predelakh landshaftnykh rayonov podvodnykh vozvyshennostey Dnestrovskoy i Budakskoy vozvyshennostey, Odesskoy banki, i vpadin Dneprovskogo zheloba, Paleo-Saraty i Paleo-Dnestra (severo-zapadnyy shel'f Chernogo morya). *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho hirnychoho universytetu – Collection of research papers of the National Mining University*, 32, 49–56 [in Russian].
21. Vylkanov, A., Danov, H., & Marinov, H. et al. (1983). *Chernoye more: Sbornik [Black Sea: Collection]* (trans. from Bulgarian). Leningrad: Gidrometeoizdat [in Russian].
22. BSC. (2008). *State of the Environment of the Black Sea (2001–2006/7)*. Edited by Temel Oguz. Publications of the Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution (BSC), 3, Istanbul, Turkey.
23. Briggs, J.C. (1995). *Global biogeography*. Elsevier, Amsterdam–Lausanne–New York–Oxford–Shannon–Tokyo.
24. Castro, P., & Huber, M.E. (2003). *Marine Biology*. 4th ed., McGraw Hill Book Company Inc. New York.
25. Chiocci, F.L., & Chivas, A.R. (Eds). (2014). Continental Shelves of the World: Their Evolution During the Last Glacio-Eustatic Cycle. *Geological Society, Memoirs*, 41, 199–212. DOI: 10.1144/M41.14.
26. DIRECTIVE 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy, 23 October 2000. (WFD, 2000/60/EC).
27. DIRECTIVE 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of marine environmental policy, 17 June 2008. (MSFD, 2008/56/EC).
28. European Marine Observation Data Network (EMODnet) Seabed Habitats project. (2020). Retrieved from: <http://www.emodnetseabedhabitats.eu>.
29. EUNIS habitat type hierarchical view. (2019). Retrieved from: <http://eunis.eea.europa.eu/habitats-code-browser.js>.
30. General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO) Hom. (2020). Retrieved from: <http://www.bodc.ac.uk/data/online/delivery/gebco>.
31. Guidance document No 5. Transitional and Coastal Waters. Typology, Reference Conditions and Classification Systems. [https://circabc.europa.eu/sd/a/85912f96-4dca-432e-84d6-a4dded785da5/Guidance%20No%205%20-%20characterisation%20of%20coastal%20waters%20-%20COAST%20\(WG%202.4\).pdf](https://circabc.europa.eu/sd/a/85912f96-4dca-432e-84d6-a4dded785da5/Guidance%20No%205%20-%20characterisation%20of%20coastal%20waters%20-%20COAST%20(WG%202.4).pdf).
32. Hedgpeth, J.W. (1957). *Marine biogeography. Treatise on marine ecology and paleontology*, Mem. Geol. Soc. Am., 1 (67), 359–382.
33. Hiscock, K. (Eds. Earll R. and Erwin D.G.). (1983). Water movement in Sublittoral ecology. *The ecology of the shallow sublittoral benthos*, 58–96.
34. Minicheva, G.G. (2007). Contemporary morpho-functional transformation of seaweed communities of the Zernov Phyllophora Field. *International Journal on Algae*, 9 (1), 1–21.
35. Minicheva, G.G., Tretiak, I.P. (2019). Long-term restoration of the Zernov's Phyllophora Field. *VI International Conference Advances in Modern Phycology. Book of Abstracts*. Kyiv, Ukraine.
36. Peres, J.M. (1961). *Océanographie biologique et biologie marine*. Volue.1. La vie benthique. P.U.F., Paris.
37. Vince, J., & Day, J.C. (2020). Effective integration and integrative capacity in marine spatial planning. *Maritime Studies*. Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/s40152-020-00167-1>.

ECO-FACTOR APPROACH TO THE ZONING OF THE UKRAINIAN SECTOR OF THE BLACK AND AZOV SEAS

Minicheva G.G., Dr.Sc., Senior Scientist

Institute of Marine Biology of the National Academy of Sciences of Ukraine
minicheva@ukr.net

Sokolov Ye.V., PhD, Senior Researcher

Institute of Marine Biology of the National Academy of Sciences of Ukraine
sokolovev87@gmail.com

It has been proposed as the basic criteria for marine ecosystems zoning use factors affecting the intensity and provide ecological processes.

The possibilities of using remote sensing and GIS data in the spatial zoning of sea areas are demonstrated. For the marine exclusive zone of Ukraine, maps of the distribution of important ecological factors – depths, bottom substrates, and average annual values of photosynthetic active radiation are presented.

Conducting division benthic phototrophic Ukrainian sector of the Black Sea and Azov Sea ecological zones: infralittoral; upper zircalittoral; lower zircalittoral; pelagic circalittoral – elitral; upper Batial; lower Batial; continental foot; abisal.

Calculated mean values of PAR for deep horizons for each ecological zone. It was determined that the smallest areas of PAR distribution in the infralittoral zone are inherent in the adjacent sea areas to the Danube

and Dnieper-Bug estuary. The highest values are typical for bays, uplands of river paleovalleys, paleoterases, and barrows.

On the basis of international geodatabase EMODnet shows the distribution of substrates and bottom sediments. The proposed cartographic materials and geoinformation layers of eco-factor zoning of the benthal, which can be used in the implementation of the EU water directive standards for further monitoring and achievement of the main goal of each allocated territorial subdivision – good ecological status (GES).

It has been demonstrated that the distribution of the number of PAR, the structure and contour of soils is subject to geomorphological features (the location of river paleovalleys – troughs flooded by the sea, their elevations from the watershed) and the distribution of alluvial material in the zones of influence of river runoffs (plumes).

It is proposed to use indicators related to the intensity of the primary production process to determine the areas of marine monitoring of ecological status class, according to the standards of EU water directives.

Key words: eco-factor approach, phototrophic zoning, geoinformation systems, Ukrainian sector of the Black and Azov Seas.