

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии.
2023. – Т. 32. – № 4. – С. 5-16.

УДК 614.4

DOI 10.24412/2073-1035-2023-10501

ДЕТАЛЬНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ И ШЕЛЬФА МОРСКИХ ЭКОРЕГИОНОВ: НА ПРИМЕРЕ ЧЕРНОГО МОРЯ

© 2023 К.М. Петров

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург (Россия)

Поступила 11.09.2023

Аннотация. Предложена система единиц детального районирования, отражающая действие трех факторов, ответственных за биономическое разнообразие мелководного морского дна. Первый фактор – тектоника, с которой связана современная, новейшая, унаследованная эволюция морфоструктур. Поднятие контролирует образование холмов, прибрежных обрывов и абразионных подводных прибрежных склонов. Продольные побережья характеризуются узкими прибрежными и шельфовыми участками. Что касается поперечных, то здесь формируется широкая абразионно-аккумулятивная терраса с многочисленными рифами и банками на шельфе. Абразионно-скульптурные формы рельефа соответствуют биотопам биоценозов каменистого дна. С впадинами связаны плоские прибрежные равнины, аккумулятивные берега с пляжем и аккумулятивный подводный прибрежный склон, представляющий собой биотопы биоценозов песчано-илистого дна. Размерный ряд морфоструктур континентальных окраин включает биономические округа, округа и ландшафты. Второй фактор – изменение биономических условий с глубиной, что позволяет разделить шельф на три вертикальных пояса: внутренний (прибрежная зона), промежуточный и внешний, граничащий с материковым склоном. Прибрежная зона, в свою очередь, подразделяется на супралитораль, литораль и сублитораль. Третий – географическое районирование. Полный набор географических зон проявляется только на поверхности океана и в прибрежной зоне моря. Основной исходной единицей районирования мелководного морского дна является подводный ландшафт. Ландшафт не пересекается с границами других зональных единиц. Встречается в пределах одного морфоструктурного округа, одного вертикального пояса, одной географической зоны. Наибольшим разнообразием характеризуются ландшафты верхнего пояса шельфа (прибрежная зона моря). Внутренняя биономическая неоднородность ландшафтов зависит от их морфологической структуры: системы горизонтального подразделения биотопов – фаций, форм рельефа и вертикальных зон, этажей, ступеней. В качестве примера приведен фрагмент детального районирования Северо-Восточного Причерноморского морфоструктурного округа. Рассмотрены два района: первый – поперечные берега южной окраины Скифской плиты (от Керченского пролива до города Анапы), второй – продольные берега Черноморской окраины Кавказского мегаантиклинория (от города Анапы до города Новороссийска). В первом районе, в верхнем поясе шельфа (в прибрежной зоне моря), выделяются два ландшафта, лежащие в неморальной зоне; во втором поясе выделяется один ландшафт субтропической зоны. Предоставляются ландшафтные карты. Накопление базы данных, содержащей информацию о детальном районировании морских экорегионов, позволит выявить ландшафты-аналоги – биономические территории со схожими характеристиками, но расположенные в разных экорегионах. Прикладное значение их идентификации состоит в разработке аналогичных мер по их использованию и сохранению.

Ключевые слова: морской экорегион, концепция подводного ландшафта, детальное районирование, пример Черного моря.

Введение

Принципы районирования морских экорегионов мира разработаны М. Сполдингом и

соавторами (Spalding et al., 2007). Авторы выделили 12 царств, 62 провинции и 232 экорегиона (морских бассейна).

Эта система районирования отражает наиболее крупные глобальные особенности жизни в океане. Однако, оценка биоразнообразия, продуктивности, а также использование и охрана биологических ресурсов

Петров Кирилл Михайлович, профессор кафедры, докт. геогр. наук, профессор, k.petrov@spbu.ru

требуют разработки более детальной системы единиц районирования экорегионов. В настоящей статье обсуждаются принципы детального биономического районирования береговой зоны и шельфа морских экорегионов на примере Черного моря.

1. Система единиц биономического районирования экорегионов

Биономические особенности береговой зоны и шельфа морей отражают влияние геолого-геоморфологического строения и глубины на распределение сообществ гидробионтов и положения береговой зоны в системе единиц географической зональности (Петров, 2008, 2020b).

Геолого-геоморфологическое строение (морфоструктуры) береговой зоны и шельфа. Важным фактором смены биономических условий в береговой зоне и на шельфе являются изменения характера рельефа, действия абразии и седиментации. Ведущая роль в этих процессах принадлежит морфоструктурным особенностям окраин материков, новейшим и современным тектоническим движениям. В неоген-четвертичное время происходило развитие морфоструктур от планетарных до локальных, что определило основные черты рельефа морских окраин платформ и орогенов. Морфоструктуры контролируют рельеф побережья, контур береговой линии и приглубость подводного склона. Различают продольные берега, у которых оси складок располагаются вдоль береговой линии и поперечные берега, у которых оси складок идут по нормали к берегу. Для растущих продольных берегов характерно формирование берегового обрыва (клифа), абразионного подводного берегового склона, берег приглубый, шельф узкий. У берегов поперечного типа оси растущих складок продолжают в море, образуя систему мысов, островов и заливов, шельф широкий. На подводном береговом склоне формируется абразионно-аккумулятивная терраса с многочисленными рифами, банками на месте локальных складок. Абразионно-скульптурный подводный береговой склон является особым биотопом каменистых грунтов, где господствуют гидробионты-обрастатели (сессиальная биота).

На месте тектонических прогибов проис-

ходит накопление мощной толщи четвертичных отложений и формируются морфоструктуры аккумулятивных равнин и берегов. На подводном склоне волнение, направленное по нормали к берегу, вызывает поперечное перемещение наносов и их сортировку. На глубинах, недоступных воздействию волн, откладывается выносимый из береговой зоны тонкий песчано-илистый материал. Распространение волн под прямым и косым углом к береговой линии обуславливает вдольбереговой поток наносов. Характерными формами рельефа здесь являются подводно-береговые валы и другие формы аккумулятивного рельефа. В верхней части подводного берегового склона в пределах активного воздействия волнового поля, на песчаных наносах обитают преимущественно подвижные формы; в нижней части, где воздействие волн ослаблено, формируется биотоп песчано-илистых отложений, где господствуют закапывающиеся в грунт гидробионты (инфауна).

Предлагаются следующий размерный ряд единиц морфоструктурного районирования: гихохоры (области), мегахоры (округа) и макрохоры – подводные ландшафты.

Вертикальная поясность. С увеличением глубины происходит быстрое изменение биономических условий, характера биотопов и донных биоценозов, в результате чего шельф предлагается разделять на три пояса. Верхний пояс включает береговую зону (подводный береговой склон). Он находится в пределах волнового воздействия, ему присуща сезонная ритмика (прежде всего, прогрев в теплый период года) и освещенность достаточная для развития сообществ макрофитов. Средний пояс располагается ниже термоклина, волновая деятельность ослаблена, сезонная ритмика слабо выражена, освещенность низкая. Здесь встречаются единичные многоклеточные и некоторые одноклеточные водоросли. Благодаря ослабленной гидродинамике в этом поясе происходит осаждение тонкого илистого материала богатого детритом и формирование разнообразной инфауны. Нижний пояс соответствует перегибу профиля дна в сторону материкового склона. Здесь возрастает гидродинамическая активность, формируются скульптурные формы рельефа, увеличивается раз-

нообразии группировок сессильной фауны.

Географическая зональность. Первичным фактором зональности является температурный режим. В начале XX века У. Сетчелл (Setchell, 1917), исследуя географические закономерности распределения подводной растительности, выделил стенотермные группировки морских донных водорослей, характеризующиеся приуроченностью к водам, температурный режим которых различается на 5–10°C. Биологическое объяснение существованию стенотермных групп водорослей объяснила Л.П. Перестенко (1982), она установила, что с индивидуальным развитием и жизненными циклами макрофитов связаны температурные градиенты, которым соответствуют значения 0, 5, 10, 15, 20, 25°C. Эти термические границы предлагается использовать для выделения географических поясов, зон и связанных с ними зональными типами группировок видов в Мировом океане. Например, в Северном полушарии в холодном поясе выделяются арктическая и субарктическая зоны с биологически активными температурами воды летом соответственно 0–5°C и 5–10°C. В умеренном поясе выделяются зоны бореальная и неморальная с биологически активными температурами зимой соответственно 0–5°C и 5–10°C. В теплом поясе выделяются субтропическая и тропическая зоны с биологически активными температурами зимой выше 20°C.

В пределах морских мелководий границы поверхностных и донных зон сливаются, на больших глубинах, ниже слоя скачка, природные зоны однотипные с зонами, выделяемыми на поверхности моря, не прослеживаются. Важной дополнительной характеристикой термических зон является соленость морской воды. Значение солености ниже 24,69⁰/₀₀ отделяет моря с нормальной соленостью от солоноватоводных бассейнов. Эта граница отделяет морскую биоту от солоноватоводной, что сопровождается существенной утратой биоразнообразия.

2. Концепция подводного ландшафта

Исследования береговой зоны и шельфа, опирающиеся на общую теорию ландшафтоведения, определились в России в середине XX века (Гурьянова, 1959; Петров, 1989, 2020а). Однако развитию подводного ланд-

шафтоведения в известной мере препятствовало отсутствие понятийного аппарата, который бы естественно вошел в теорию океанологии. Прежде всего, необходимо признать, что ландшафт является общим понятием, применимым при исследовании объектов как на суше, так и на морском дне.

Разнообразие подводных ландшафтов береговой зоны определяется рядом факторов. Гидрологические условия связаны с климатом и метеорологическим режимом атмосферы, что определяет сезонный ритм природных процессов в береговой зоне.

Проникновение солнечной радиации поддерживает фотосинтез фитопланктона и фитобентоса. Подвижность вод контролирует процессы абразии, литодинамики и аккумуляции осадков, а также способствует хорошей аэрации, притоку питательных веществ и разносу зачатков организмов. Разгрузка жидкого и твердого стока суши вызывает сильную изменчивость солености морских вод и приводит к обогащению биогенными и органическими веществами. Большое видовое разнообразие и богатство жизненных форм определяет высокую плотность заселения разнообразных экологических ниш.

Подводные ландшафты береговой зоны и шельфа несут отпечаток влияния плейстоценовой регрессии, с которой связаны реликтовые формы рельефа, наличие субаэральных отложений и дизъюнкция ареалов гидробионтов, и голоценовой трансгрессии, определившей молодость подводных ландшафтов.

Отметим основные свойства подводных ландшафтов береговой зоны моря:

- ландшафт морского дна обособляется на участке земной коры, имеющем в общем одинаковое геологическое строение; как правило, он связан с развитием одной региональной морфоструктуры;

- каждому ландшафту свойственен определенный набор литологических разностей современных донных отложений или выходов коренных пород, контролирующих характер скульптурных микро- и мезоформ подводного рельефа;

- подводная освещенность, температура и волновые процессы изменяются с глубиной, что обуславливает вертикальное подразделение береговой зоны;

- разнообразие форм рельефа, грунтов, гидрологических обстановок определяют пестроту биотопов и соответственно разнообразие донных биоценозов.

Все это служит основанием для выделения системы морфологических единиц внутриландшафтной дифференциации. Характеристика морфологической структуры подводных ландшафтов включает описание единиц горизонтального и вертикального подразделения. Основными единицами горизонтального подразделения подводных ландшафтов являются фации и угодье. Подводная фация – наименьший элементарный донный природный комплекс. Она представляет конкретный биотоп, связанный с одной формой микрорельефа или одним элементом мезорельефа (вершина, склон, подножье банки), и расположена в определенном интервале глубин. Фация сложена одной литологической разностью современных осадков или приурочена к однородному по вещественному составу выходу горных пород и занята одним биоценозом. Комплекс фаций образует подводное угодье. Подводное угодье – это природный комплекс, связанный с определенной мезоформой рельефа, обладающий хорошо выраженными границами. Дифференцированное развитие локальных структур определяет формирование угодий двух типов. На структурах, испытывающих поднятие, происходит размыв дна, и формируются угодья абразионно-скульптурного типа: вдоль береговой пояс скал, подводные банки и рифы вдали от берега. Возникает сложная морфологическая структура ландшафта, большое разнообразие биотопов и связанных с ними биоценозов (рис. 1). У структур, испытывающих опускание, происходит седиментационное выравнивание дна и формирование угодий аккумулятивного типа. На участках активной литодинамики подводные угодья представлены береговыми валами, подводными косами и т.п. В спокойной гидродинамической обстановке на участках устойчивого осадконакопления происходит формирование угодий монотонных песчано-илистых равнин. Важным экологическим фактором названных угодий являются свойства грунта. Хорошо известны сообщества гидробионтов-обрастателей, связанных с

каменистыми грунтами, и сообщества организмов, закапывающихся в рыхлый грунт, в облике которых находят отражение приспособительные признаки, обусловленные образом жизни на разных типах грунта.

Вертикальная дифференциация морских мелководий отражает высоту воздействия прибоя, ритмику приливо-отливных явлений, ослабление волнения и угасание подводной освещенности с глубиной. Под влиянием названных факторов находятся процессы рельефообразования, осадконакопления, а также вся совокупность экологических условий, определяющих распределение донных биоценозов. Батиметрический профиль является основой сопряженного ряда донных природных комплексов. Закономерной смене с глубиной подвержены и фации, и угодья, и целые ландшафты. Главными единицами подразделения подводных ландшафтов по глубине являются вертикальные зоны. В верхнем поясе шельфа выделяются три вертикальные зоны: супралитораль, литораль (псевдолитораль), сублитораль. Глубже простирается элиторальная зона, относящаяся к среднему поясу шельфа. Следующую единицу, на которую зоны делятся по вертикали, предлагается именовать этажом. В супралиториали они отражают высоту воздействия прибоя; в литориали – ритмы прилива и отлива, в сублитоориали – ослабление воздействия волн на дно и угасание подводной освещенности. Иногда внутри этажей выделяются ступени, отличающиеся по составу донных биоценозов. Величина интервалов вертикальных подразделений меняется с глубиной от сантиметров до десятков метров, в целом система единиц вертикального подразделения ландшафтов береговой зоны напоминает пружину, сжатую в начале и растянутую на глубине.

Представление о морфологических единицах занимает особое место в учении о подводных ландшафтах. Именно они являются непосредственным объектом морских и подводных исследований и картирования. Закономерные пространственные сочетания морфологических единиц подобны геному, определяющему устойчивость ландшафта в целом.

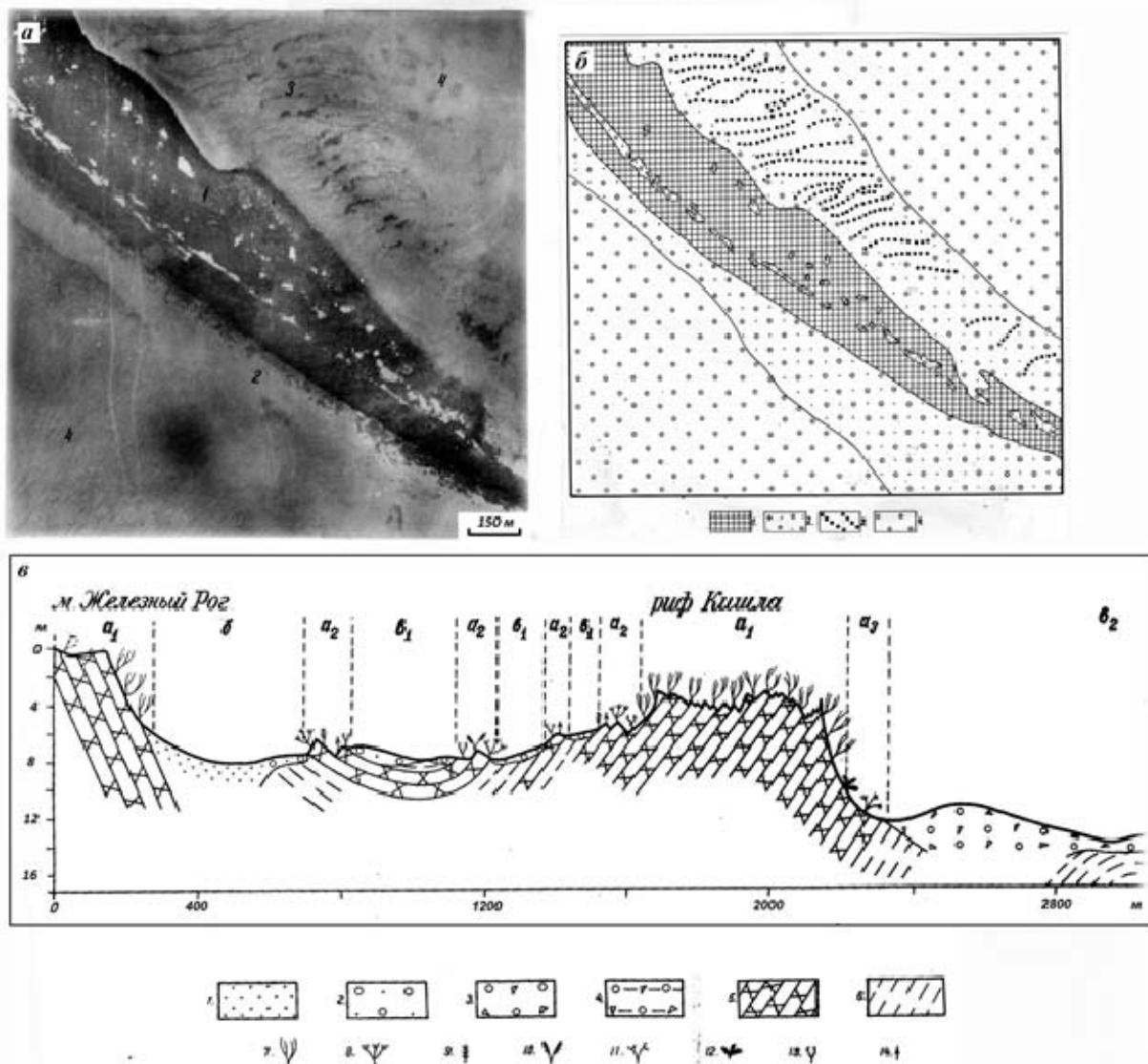


Рис. 1. Морфологическая структура участка подводного склона Таманской возвышенности, осложненного крупным рифом: а) аэрофотоснимок: 1 – подводный риф, образованный мощными пластами бурых железняков, обросших бурыми водорослями *Treptacantha (Cystoseira) barbata* и др., 2 – уголья песчаных равнин, 3 – песчаные аккумулятивные формы, 4 – поля ракуши; б) ландшафтная карта: 1 – уголья скал и камней, биоценоз *Treptacantha (Cystoseira) barbata*, 2 – уголья песчаных равнин, 3 – уголья песчаных аккумулятивных форм, 4 – уголья полей ракуши; в) ландшафтный профиль: 1–6 – грунты: 1 – песок, 2 – детритусовый песок с примесью ракуши, 3 – ракуша (танатоценоз створок мидий, устриц, гребешка и др.), 4 – заиленная ракуша, 5 – камни и скалы, 6 – глины в коренном залегании; 7–14 – доминанты растительных сообществ: 7 – *Treptacantha (Cystoseira) barbata*, 8 – *Nereia filiformis*, 9 – *Chondria capillaris*, 10 – *Dasya baillouviana*, 11 – *Ceramium virgatum*, 12 – *Phyllophora crispa*, 13 – *Dictyota (Dilophus) fasciola*, 14 – *Laurencia obtusa*; а–в – подводные уголья: а – скалы и камни, б – песчаные равнины, в – поля ракуши

Fig. 1. Morphological structure of a section of the underwater slope of the Taman Upland, complicated by a large reef: а) aerial photograph: 1 – an underwater reef formed by thick layers of brown iron ore overgrown with brown algae *Treptacantha (Cystoseira) barbata* and others, 2 – land forms of sandy plains, 3 – sandy accumulative forms, 4 – land forms of shell fields; б) landscape map: 1 – land form of rocks and stones, biocenosis *Treptacantha (Cystoseira) barbata*, 2 – land form of sandy plains, 3 – land forms of sandy accumulative forms, 4 – land of shell fields; в) landscape profile: 1–6 – grounds: 1 – sand, 2 – detritus sand with an admixture of shells, 3 – shells (thanatocenosis of mussels, oysters, scallops, etc.), 4 – silted shell, 5 – stones and rocks, 6 – clay in bedrock; 7–14 – dominants of plant communities: 7 – *Treptacantha (Cystoseira) barbata*, 8 – *Nereia filiformis*, 9 – *Chondria capillaris*, 10 – *Dasya baillouviana*, 11 – *Ceramium virgatum*, 12 – *Phyllophora crispa*, 13 – *Dictyota (Dilophus) fasciola*, 14 – *Laurencia obtusa*; а–в – underwater areas: а – rocks and stones, б – sandy plains, в – shell fields

3. Черное и Каспийское моря – экорегионы Понто-Каспийской провинции

В Северном полушарии выделяются девять царств, в том числе Умеренное Северо-

ро-Атлантическое царство. В нем выделяется шесть провинций, среди них Средиземноморская и Черноморская (рис. 2).

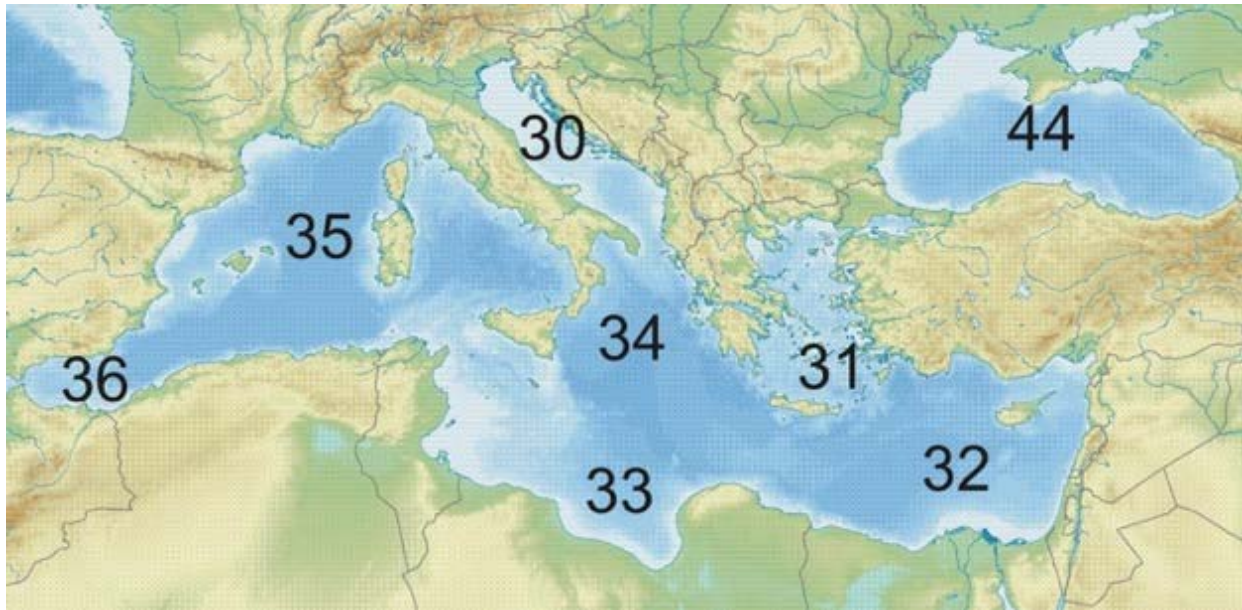


Рис. 2. Экорегионы средиземноморских и черноморских провинций умеренного пояса Северо-Атлантического пояса (фрагмент карты из: Spalding et al., 2007). Экорегионы Средиземноморских провинций: 30 – Адриатическое море, 31 – Эгейское море, 32 – Левантское море, 33 – Тунисское плато / залив Сидра, 34 – Ионическое море, 35 – Западное Средиземноморье, 36 – Альборанское море; Причерноморская провинция, экорегион: 44 – Черное море

Fig. 2 Ecoregions of Mediterranean and Black Sea provinces of Temperate North-Atlantic Realm (fragment of the map by Spalding et al., 2007). Mediterranean Province ecoregions: 30 – Adriatic Sea, 31 – Aegean Sea, 32 – Levantine Sea, 33 – Tunisian Plateau / Gulf of Sidra, 34 – Ionian Sea, 35 – Western Mediterranean, 36 – Alboran Sea; Black Sea province, ecoregion: 44 – Black Sea

На предложенной схеме районирования Мирового океана не показано Каспийское море. Заметим, что Черное и Каспийское моря имеют общую геологическую историю со Средиземным морем, все они представляют собой остатки замкнувшегося океана Тетис. Генетические корни биоты этих морей являются общими, более 90% биоты Черного моря составляют вселенцы из Средиземного моря. На протяжении позднего плейстоцена-голоцена происходила все большая изо-

ляция Черного и Каспийского морей от Средиземного, сопровождавшаяся опреснением водной массы, обеднением средиземноморской биоты и формированием эндемичной биоты Понто-Каспия (Zenkevich, 1963; Yanko-Hombach, Kislov, 2018). Учитывая общую историю образования Черного и Каспийского морей и особенности их биоты, предлагается рассматривать эти моря в ранге экорегионов особой Понто-Каспийской провинции (рис. 2).



Рис. 3. Морфоструктурные области северной части Черного моря: А – морские окраины Северо-Западной платформы, В – морские окраины гор южного берега Крыма, С – Северо-восточная Черноморская морфоструктурная область

Fig. 3. Morphostructural areas of the northern part of the Black Sea: А – marine margins of the Northwestern Platform, В – marine margins of the mountains of the southern coast of Crimea, С – Northeastern Black Sea morphostructural region

4. Биономическое районирование экорегиона (на примере Черного моря)

В северной части Черного моря выделяются морфоструктурные области: А – морские окраины Северо-Западной платформы, В – морские окраины гор южного берега Крыма, С – Северо-восточная Черноморская морфоструктурная область (рис. 3). В последней области выделяются два округа (рис. 4): первый округ от Керченского пролива до города Анапы охватывает поперечные берега южной окраины Скифской плиты, второй – от Анапы до города Новороссийск охватывает продольные берега Черноморской окраины Кавказского мегаантиклинория.

В первом округе выделяется два ландшафта береговой зоны (см. рис. 5, 1). Первый ландшафт (I-1) образуется на продолжении поперечных складок Таманской возвышен-

ности. На их месте на подводном склоне формируется широкая абразионно-аккумулятивная терраса с угодьями скал и камней (биоценоз цистозир), с выходами коренных глин (группировка фолад), с полями ракуши (станция ланцетника) и песчаных равнин. Второй ландшафт (I-2) представлен низкой равниной на месте предгорного прогиба с лиманами окаймленными песчаной пересыпью. Подводный склон аккумулятивный с угодьями песчаных равнин с группировкой полихет (*Arenicola marina*) и двустворчатых моллюсков (*Venus gallina*, *Spisula subtruncata*, *Divaricella divaricata*), в средней сублиторалии; в нижней сублиторалии – группировка двустворчатых моллюсков (*Venus gallina*, *Meretrix rudis*) и полихет (*Nereis longissimi*, *Nephtys hombergi*).

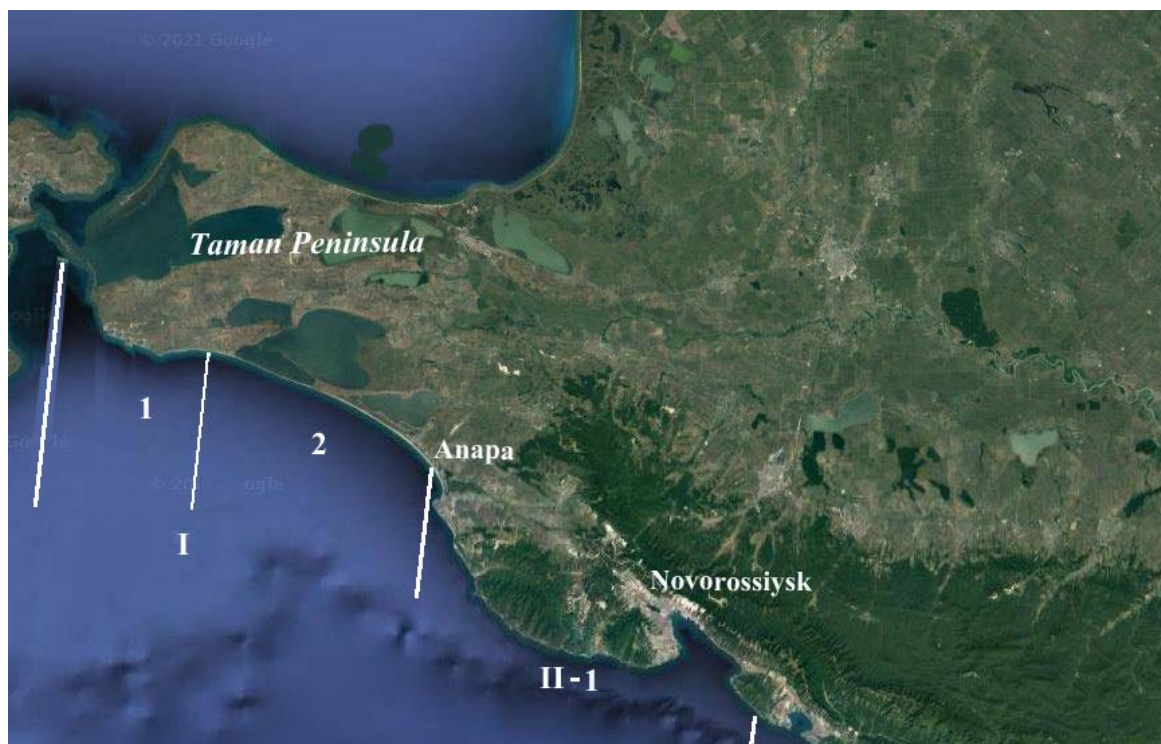


Рис. 4. Биономическое районирование северо-восточной морфоструктурной области Черного моря. Округа: I – округ поперечных берегов южной окраины Скифской плиты, II – округ продольных берегов Черноморской окраины Кавказского мегаантиклинория. Ландшафты: I-1 – подводный склон Таманской возвышенности, I-2 – подводный склон песчаной пересыпи, II-1 – продольные берега с активным клифом, окаймлённым поясом скал
Fig. 4. Bionomic zoning of the northeastern morphostructural region of the Black Sea. Districts: I – district of the transverse shores of the southern margin of the Scythian plate, II – district of the longitudinal shores of the Black Sea margin of the Caucasian megaanticlinorium. Landscapes: I-1 – underwater slope of the Taman Upland, I-2 – underwater slope of a sandy embankment, II-1 – longitudinal shores with an active cliff, bordered by a belt of rocks

Второй округ (рис. 5, II), от Анапы до Новороссийска, представлен продольными берегами Кавказского мегаантиклинория. Берега с активным клифом, окаймлены поясом скал, опускающимся до глубины 25–30 м (сублиторальная зона). Ослабление освещенности и уменьшение воздействия волн обуславливает подразделение сублиторали на три этажа (Петров, 1967).

Верхний этаж от нуля глубин до 3–5 м характеризуется обеднённым фитоценозом многолетней бурой водоросли *Cystoseira flaccida*.

Средний этаж на глубине от 3–5 до 10–15 м занят пышными зарослями многолетней бурой водоросли *Treptacantha*

(*Cystoseira*) *barbata*, определяющей характерные черты типичного для Черного моря биоценоза *Cystoseira*. Этот биоценоз состоит из средиземноморских вселенцев, первым из которых является сама *Cystoseira*.

Верхнюю ступень среднего этажа сублиторали на глубине до 6–7 м занимает сообщество *Treptacantha* (*Cystoseira*) *barbata*–*Cladostephus spongiosus* f. *verticillatus*–*Ellisolandia elongata* (*Corallina mediterranea*) с хорошо развитой синузией эпифитов. Нижнюю ступень средней сублиторали на глубине от 6–7 до 10–11 м занимает сообщество *Treptacantha* (*Cystoseira*) *barbata*–*Phyllophora crispera*–*Gelidium spinosum* с обедненной синузией эпифитов.

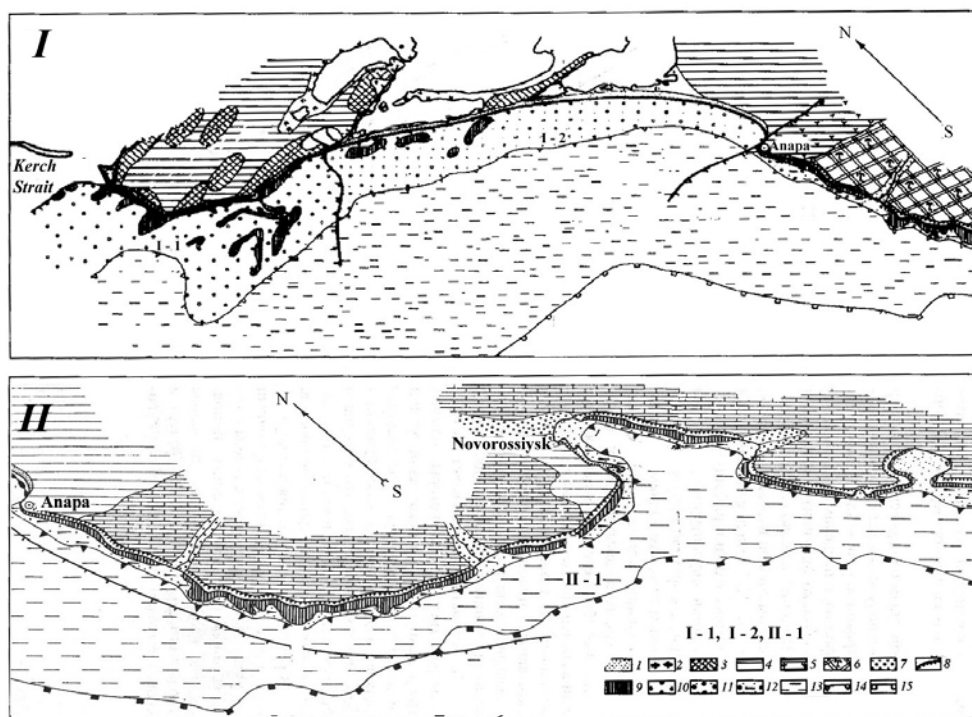


Рис. 5. Районирование Северо-восточной Черноморской морфоструктурной области: I – округ поперечных берегов южной окраины Скифской плиты, I-1 – ландшафт подводного склона Таманской возвышенности, I-2 – ландшафт подводного склона песчаной пересыпи. II – округ продольных берегов Черноморской окраины Кавказского мегаантиклинория, II-1 – ландшафт продольных берегов с активным клифом, окаймлённым поясом скал

Условные обозначения: 1–8 – природные угодья суши: 1 – аккумулятивные песчаные берега с эоловыми формами рельефа, поросшие группировками псаммофитов (Анапская пересыпь); 2 – аккумулятивные солончаковые равнины по берегам лиманов; 3 – холмистые формы рельефа, покрытые степной растительностью; 4 – сельскохозяйственные угодья на высоких четвертичных морских террасах; 5 – высокие четвертичные морские террасы с группировками ксероморфных кустарников и низкорослых деревьев (шибляком), частично с садами и виноградниками; 6 – склоны гор (Черноморская цепь), покрытые лесной растительностью средиземноморского типа (шибляком, фриганой, можжевельниковым редколесьем); 7 – долины горных рек, занятые сельскохозяйственными угодьями и поселками; 8 – абразионный береговой обрыв, активный клиф; 9–12 – подводные угодья сублиторали: 9 – скал и камней с биоценозом цистозеры, 10 – полей ракуши со стацией ланцетника, 11 – песчаных равнин с биоценозом двустворчатых моллюсков, 12 – песчаных равнин, окаймлённых, илстые и илесто-ракушечные равнины с биоценозами мидиевого и фазеолинового ила; 14 – нижняя граница сублиторали; 15 – бровка материковой отмели

Fig. 5. Bionomic areas of districts of underwater slope of Tamanskiy peninsula and the Western Caucasus of ecoregion of Black Sea: I – the area of the underwater slope of the South-Western end of Taman peninsula; II – the area of underwater slope of Anapa barrage; III – the district of underwater slope of the Black Sea chain.

Symbols: 1–8 – natural landforms of land: 1 – accumulative sand beaches with eolian forms with psammophytes (Anapa barrage); 2 – accumulative solonchak plains on the limans coasts; 3 – hilly forms with steppe vegetation; 4 – arable lands on high quaternary sea terraces; 5 – high quaternary sea terraces with shibliak vegetation partly with orchards and vineyards; 6 – mountain slopes (The Black Sea chain) with Mediterranean type of vegetation (shibliak, frigana, open juniper woodland); 7 – mountain river valleys with arable lands and settlements; 8 – active cliff; 9–12 – sublittoral underwater landforms: 9 – rocks and stones with cystoseira biocenosis; 10 – fields of shells with lancelet station; 11 – sandy plains with bivalve molluscs biocenosis; 12 – sandy plains bordering the rock belt of the underwater slope of the Black Sea chain; 13 – elittoral lands, muddy and muddy-shell plains with biocenoses of mussel and phaseolin mud; 14 – the lower boundary of the sublittoral; 15 – the edge of the continental shelf

Биоценоз *Cystoseira* содержит все характерные жизненные формы зообентоса угодья скал и камней. Особая группировка связана с кронами зарослей цистозир, это микрооброс (диатомовые одноклеточные водоросли, мелкие ракообразные, мелкие полихеты, личинки крупных ракообразных, моллюсков и полихет), а также эпифитные макрофиты и беспозвоночные (брюхоногие моллюски, полихеты, двустворчатые моллюски, изоподы, амфиподы и декаподы). Микрооброс служит фундаментом, на котором зиждется пищевая цепь всех видов животных цистозирового сообщества, его основную часть составляют диатомовые водоросли, обладающие высокой продуктивностью. Формирование сессильного зообентоса происходит в процессе конкурентной борьбы за свободные каменистые поверхности. На глубинах доступных сомкнутым зарослям водорослей зообентос плохо развит, здесь он занимает преимущественно нижние поверхности нависающих глыб. По мере увеличения глубины плотность зарослей водорослей уменьшается и доминирующую роль на поверхности камней начинают играть сисильный зообентос. Нижний этаж сублиторали на глубине до 25–30 м занят разреженным сообществом многолетней красной водоросли *Phyllophora crista*. Здесь фитобентос играет подчиненную роль, а фауна обрастателей занимает господствующее положение.

Определим место выделенных ландшафтов в глобальной системе районирования береговой зоны и шельфа Мирового Океана: Умеренное Северо-Атлантическое царство – Понто-Каспийская провинция – Черноморский экорегион – Северо-Восточная морфоструктурная область – верхний пояс шельфа – округ поперечных берегов южной окраины Скифской плиты: ландшафты подводного склона Таманской возвышенности и подводный склон песчаной пересыпи, лежащие в неморальной зоне; округ продольных берегов Черноморской окраины Кавказского мегаантиклинория – верхний пояс шельфа – ландшафт продольных берегов с активным клифом, окаймленным поясом скал, лежащий в субтропической зоне. Дальнейшие изучение и районирование Черноморского экорегиона – задача будущего.

Районирование береговой зоны и шельфа

Мирового океана предполагает выделение высших таксонов – царств, провинций, экорегионов (Spalding et al., 2007). Детальная регионализация завершается выделением основной исходной единицей районирования подводных ландшафтов. Предлагается создать Международную программу детальной регионализации морских экорегионов. Материалы исследований могут лечь в основу Базы данных. Подобная База позволит выделять ландшафты-аналоги – ландшафты, расположенные в разных экорегионах, но обладающие общими свойствами.

5. Ландшафты-аналоги

Ландшафты-аналоги в береговой зоне и на шельфе разных морских экорегионов формируются на однотипных морфоструктурах, в пределах одного вертикального пояса, в географических зонах с однотипным режимом биологически активных температур и солёности. Эти ландшафты обладают характерным сочетанием подводных угодий и связанных с ними группировками жизненных форм гидробионтов. Подводные угодья ландшафтов-аналогов представляют собой станции, которые могут быть использованы для интродукции полезных видов или являться биотопами благоприятными для инвазии вредных видов.

Примером интродукции может служить вселение в середине XX века в Каспийское море в угодье песчано-илистых грунтов полихеты *Nereis diversicolor* и двустворчатого моллюска *Abra ovata* из аналогичного угодья Азовского моря. Интродукция названных видов привела к обогащению кормовой базы рыб Каспийского моря.

Примером катастрофических инвазий является появление нежелательных вселенцев в Каспийское, Черное и Азовское моря. В 20-е годы прошлого века в Каспийское море случайно был занесен моллюск *Mytilaster lineatus*. Он быстро размножился в береговой зоне Среднего Каспия на каменистых угодьях, полностью вытеснив из этого биотопа два эндемичных аборигенных вида *Dreissena elata* и *D. caspica*. В 80-е годы XX века в эпипелагиали Черного и Азовского морей появился гребневик *Mnemiopsis leidyi*, в начале XXI века он оказался в водах Северного Каспия. Пищевой базой гребневика является зоопланктон, икра и личинки рыб и донных

беспозвоночных. Активно размножаясь, мнемнописис подорвал кормовую базу рыб и ограничил возможность размножения многих донных беспозвоночных. В результате рыбный промысел резко упал. В начале 1990-х годов в Черном море также спонтанно появился гребневик *Beroe ovata*, который питается *Mnemiopsis leidy*. Эта инвазия является положительной, так как вселение гребневика *Beroe ovata* привело к быстрому сокращению популяции мнемнописис.

Таким образом, прикладное значение концепции ландшафтов-аналогов состоит в возможности прогнозировать интродукцию полезных видов и предусматривать опасность инвазии вредных видов.

Заключение

1. Детальную регионализацию морских экосистем предлагается проводить путем выделения территориальных единиц, отражающих

– Особенности геолого-геоморфологического строения: морфоструктурные области, округа, ландшафты;

– Изменения биономических условий на шельфе с глубиной: пояса – верхний, средний

и нижний;

– Своеобразие условий географической зональности на поверхности океана.

2. Основной исходной единицей районирования является подводный ландшафт. Особый интерес представляет выделение ландшафтов береговой зоны моря (верхнего пояса шельфа). Они лежат в пределах определенной географической зоны, в верхнем поясе шельфа, в одном округе и области.

3. Каждый ландшафт обладает особенностями морфологического строения, которое раскрывается в системе единиц внутриландшафтной вертикальной и горизонтальной дифференциации.

4. Материалы детальной регионализации береговой зоны и шельфа морских экорегионов могут быть использованы для создания базы данных, которая позволит выделять ландшафты аналоги. Прикладное значение их выделения состоит в возможности прогнозировать интродукцию полезных видов и предусматривать опасность инвазии вредных видов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Список русскоязычной литературы

Гурьянова Е.Ф. Теоретические основы составления карт подводных ландшафтов // Вопросы биостратиграфии континентальных толщ. М.: Госгеолтехиздат, 1959. С. 35-48.

Зенкевич Л.А. Биология морей СССР. М.: Наука, 1963. 739 с.

Перстенко Л.П. О принципах зонального биогеографического районирования шельфа Мирового океана и о системах зон // Морская биогеография. М.: Наука, 1982. С. 99-114.

Петров К.М. Вертикальное распределение подводной растительности Черного и Каспийского морей // Океанология. 1967. Т. 7, вып. 2. С. 314-320.

Петров К.М. Подводные ландшафты: теория, методы исследования. Л.: Наука, 1989. 128 с.

Петров К.М. Биогеография океана. М.: Академический Проект; Альма Матер, 2008. 328 с.

Петров К.М. Концепция подводного ландшафта // Известия Русского географического общества. 2020а. Т. 152, № 3. С. 3-16.

Петров К.М. Принципы биономического районирования береговой зоны и шельфа Мирового океана // Океанология. 2020б. Т. 60, № 3. С.

381-392.

Reference List

Gur'yanova E.F. Theory of map compilation of submerged landscapes // Biostratigraphy of Continental Massifs. Moscow: Gosgeotekhizdat, 1959. P. 52-61. (In Russian).

Zenkevich, L.A. Biology of the USSR Seas. Moscow: Academy of Science Press, 1963. 739 p. (In Russian).

Perestenko L.P. Principles of zonal biogeographic zonation of the shelf of the World Ocean and zonation systems // Marine Biogeography. Moscow: Nauka, 1982. P. 99-114. (In Russian).

Petrov K.M. Vertical distribution of submerged vegetation of the Black and Caspian seas // Oceanology. 1967. Vol. 7, iss. 2. P. 314-320. (In Russian).

Petrov K.M. Submerged Landscapes: Theory and Study Methods. Leningrad: Nauka, 1989. 128 p. (In Russian).

Petrov K.M. Biogeography of the Ocean. Moscow: Akademicheskii Proyekt; Al'ma Mater, 2008. 328 p. (In Russian).

Petrov K.M. The concept of underwater landscape // Izvestiya Russkogo geograficheskogo ob-

shchestva (News of the Russian Geographical Society). 2020a. Vol. 152, no. 3. P. 3-16. (In Russian).

Petrov K.M. Principles of bionomic zoning of the coastal zone and shelf of the World Ocean // Oceanology. 2020b. Vol. 60, no. 3. P. 381-392. (In Russian).

Setchell W.A. Geographical distribution of the marine algae // Science. 1917. Vol. 45, no. 1157. P. 197-204.

Spalding, M.D., Fox H.E., Allen G.R., Davidson N., Ferdana Z.A., Finlayson M., Halpern B.S., Jorge M.A., Lombana A., Lourie S.A.,

Martin K.D., McManus E., Molnar J., Recchia C.A., Robertson J. Marine ecoregions of the World: A Bioregionalization of Coast and Shelf Areas // BioSci. 2007. Vol. 57, no. 7. P. 573-583. [<https://doi.org/10.1641/B570707>].

Yanko-Hombach V., Kislov A. Late Pleistocene – Holocene sea-level dynamics in the Caspian and Black Seas: Data synthesis and Paradoxical interpretations // Quaternary International. 2018. Vol. 465, Part A. P. 63-71. [<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1040618217312430>].

DETAILED ZONING OF THE COASTAL AND SHELF AREAS OF MARINE ECOREGIONS: A CASE STUDY OF THE BLACK SEA

© 2023 Petrov K.M.

Saint Petersburg State University, Saint Petersburg (Russia)

Annotation. A system of units for detailed zoning is proposed, which reflects the action of three factors responsible for the bionomic diversity of the shallow seabed. The first factor is tectonics, with which the contemporary, recent, inherited evolution of morphostructures is associated. Uplifting controls the formation of hills, coastal cliffs, and abrasion underwater nearshore slopes. Longitudinal coasts are characterized by narrow coastal and shelf areas; as to the transverse ones, a wide abrasion-accumulative terrace is formed there with numerous reefs and banks offshore. Abrasion-sculptural relief forms correspond to biotopes of biocenoses of the rocky bottom. With troughs associated are flat coastal plains, accumulative coasts with a beach, and an accumulative underwater nearshore slope, representing biotopes of biocenoses of the sandy-silty bottom. The size range of continental margin morphostructures includes bionomic counties, districts, and landscapes. The second factor is the change in bionomic conditions with depth, which allows the subdivision of the shelf into three vertical belts: inner (coastal zone), intermediate, and the outer one bordering on the continental slope. The coastal zone, in turn, is subdivided into the supralittoral, littoral and sublittoral. The third one is geographic zonation. The full range of geographic zones appears only on the ocean surface and in the coastal zone of the sea. The main initial unit of zoning of the shallow seabed is the underwater landscape. The landscape does not intersect with the boundaries of other zonation units. It occurs within one morphostructural county, one vertical belt, one geographical zone. The landscapes of the upper belt of the shelf (coastal zone of the sea) are characterized by the greatest diversity. The internal bionomic heterogeneity of landscapes depends on their morphological structure: a system of horizontal subdivision biotopes - facies, landforms and vertical zones, floors, steps. A fragment of the detailed zoning of the northeastern Black Sea morphostructural county is given as an example. Two districts are considered: the first one is the Transverse Coasts of the Southern Margin of the Scythian Plate (from the Kerch Strait to the city of Anapa), and the second one is the Longitudinal Coasts of the Black Sea Margin of the Caucasian Megaanticlinorium (from the town of Anapa to the city of Novorossiysk). In the first district, in the upper belt of the shelf (in the coastal zone of the sea), two landscapes lying in the nemoral zone are identified; in the second belt, one landscape in the subtropical zone is identified. Landscape maps are provided. The accumulation of a database containing information on the detailed zoning of marine ecoregions will make it possible to identify analogue landscapes – bionomic areas with similar characteristics but located in different ecoregions. The applied value of their identification consists in the development of similar measures for their use and conservation.

Key words: marine ecoregion, concept of underwater landscape, detailed regionalisation, a case study of the Black Sea.