

ЭКВАТОРИАЛЬНАЯ ЗОНА КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ШЕЛЬФА ВОСТОЧНОГО СЕКТОРА АТЛАНТИЧЕСКОГО ОКЕАНА

Скребец Г.Н.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь,
e-mail: skrebets@yandex.ru*

Выявлены основные черты природы экваториальной зоны Восточной Атлантики. Показаны коренные отличия океанологических условий и биологической структуры вод от соседней экваториальной зоны пелагиали открытого океана, свидетельствующие об ее обособлении.

Ключевые слова: экваториальная зона шельфа, географическая зона, океанологические условия, биологическая структура

Анализ современного уровня знаний о географической зональности океана проведен в ранее опубликованных работах [1, 2]. В них же внесены дополнения в теоретико-методические основы ее изучения, в которых ключевыми являются новые положения о ведущих факторах формирования географических зон в Мировом океане (широтная изменчивость минерально-тепловых условий вод); индикационные признаки и критерии выделения зон; и особенности проявления географической зональности в пелагиали открытого океана и на континентальном шельфе. Для обоснования последнего положения в отдельной статье рассмотрены природные предпосылки формирования на шельфе индивидуальной системы географических зон [3].

ЦЕЛЬ данной статьи – выявить основные черты природы экваториальной зоны африканского шельфа восточного сектора Атлантического океана и на этом примере показать обособление зональной структуры шельфа от зональной структуры открытого океана.

Методические аспекты выделения и описания зоны базируются на перечисленных выше положениях.

Экваториальная зона довольно четко прослеживается почти на всей акватории Гвинейского залива за исключением его северо-западной части (от 1° ю.ш. до 7° с.ш.). На западе зона граничит с южной половиной экваториальной зоны пелагиали открытого океана, выделенной Богдановым Д.В. и Петровым К.М. [4, 5], а на востоке – с зоной влажных (часто заболоченных) экваториальных лесов низменных равнин суши, почти совпадая с последней по широтной протяженности. На всем протяжении зоны ширина шельфа незначительная и не превышает 40 км, увеличиваясь только у устья р. Нигер до 70-80 км.

Дно шельфа, аналогично рельефу соседних пространств суши, представляет собой слабо наклоненную к континентальному склону равнину, расчлененную подводными долинами многочисленных древних рек существовавших на его поверхности в периоды субаэрального развития шельфа в прошлом. Среди них наиболее значительная прорезает шельф глубоким каньоном у устья р. Нигер [6, с. 192].

Выровненный в целом рельеф лишь вблизи м. Лопес осложняется небольшими холмами и грядами структурного происхождения, обусловленными, по-видимому, выходом на поверхность дна докембрийского складчатого фундамента, представленного чередующимися тектоническими выступами и прогибами [7, с. 14]. Береговая линия слабо изрезана. На затопляемых во время приливов прибрежных участках широко развиты мангровые заросли. За счет слабого наклона дна, глубины у внешнего края шельфа повсеместно не превышают 100 – 110 м. Однако, в сторону открытого океана, за пределами бровки шельфа глубины резко увеличиваются, достигая на континентальном подножье 2000 м и более, что является основной причиной существования довольно четкой границы между экваториальной зоной шельфа и соседней зоной пелагиали открытого океана.

Структурные формы рельефа перекрыты рыхлыми терригенными отложениями общей мощностью около 1000 м [8, с. 168]. Осадки, как правило, представлены песками и ракушечным материалом и лишь на участке шельфа у устья р. Нигер залегают илы [9].

Экваториальная зона обладает своеобразным *энергетическим бюджетом*, отличаясь от других акваторий шельфа низких широт наименьшей величиной суммарной солнечной радиации – 120 -130 ккал/см²/год и в соответствии с этим, наименьшим радиационным балансом – 100 – 105 ккал/см²/год. Однако, благодаря неослабевающему в течение года притоку солнечного тепла, вследствие фазовых преобразований воды и большому встречному излучению атмосферы, температура воздуха здесь выше, чем на соседних акваториях и составляет круглый год 24° С.

Зона формируется под совместным влиянием соседних пространств суши и открытого океана, при ведущей роли первой. Влияние суши проявляется, прежде всего, через материковый сток. Согласно [10], экваториальная гумидная зона суши является главным источником поставки в океан терригенного материала (3/4 от общего количества, поставляемого всеми зонами). Это воздействие носит противоречивый характер: с одной стороны, большое количество взвесей значительно снижает прозрачность воды, уменьшая тем самым мощность фотического слоя; с другой – с материковым стоком на шельф поступает большое количество биогенных веществ необходимых для развития водной растительности. Кроме того, материковый сток оказывает значительное влияние на термохалинные характеристики шельфовых вод, повышая их температуру и понижая соленость. В конечном счете, это определяет широтную протяженность зоны.

Влияние открытого океана обусловлено, главным образом, широтными закономерностями атмосферной и океанической циркуляций. Вследствие расположения в Гвинейском заливе центра формирования экваториальных воздушных масс, циркуляция над акваторией шельфа характеризуется высоким постоянством направления ветров с устойчивостью, достигающей 70-80 % [11, с. 73]. Своеобразна в этих широтах и система поверхностных течений океана, представленная взаимодействием Гвинейского и Южного пассатного течений. Первое способствует поддержанию в течение всего года высокой температуры шельфовых вод, второе, напротив, создает охлаждающий эффект. Существенное значение имеет также подповерхностное противотечение Ломоносова. Располагаясь на глубинах ниже 20 - 30 м, его воды, из-за несколько повышенной солености, препятствуют водообмену

поверхностных вод с нижележащими слоями, способствуя поддержанию высокого термического режима поверхностных вод и препятствуя поступлению из глубинных слоев необходимых для биопродукционных процессов биогенных веществ.

Существенную роль в формировании специфических океанологических условий экваториальной зоны шельфа играет мезомасштабная циркуляция вод, возникающая как результат взаимодействия крупномасштабной циркуляции с топографией дна. В частности, данные расчетов, приведенные в работе [12], свидетельствуют о существовании вблизи шельфа и в его внешней части вихрей с горизонтальной осью вращения вод диаметром 200 – 300 км и вертикальной мощностью достигающей в районе континентального склона 200 м, а также менее устойчивых круговоротов меньшего пространственного масштаба. Эти циркуляционные системы, наряду с горизонтальным перемешиванием вод, определяют высокую скорость восходящих движений, достигающую $0,46 \cdot 10^{-2}$ см/сек, что выражается в формировании в пределах зоны отдельных локальных апвеллингов особенно интенсивных в первой половине года. Наиболее мощный из них расположен на северо-западе зоны у порта Такоради.

Все это в совокупности формирует специфические *океанологические условия* экваториальной зоны и, прежде всего, особенности структуры водных масс шельфа, сформировавшейся в результате взаимодействия вод различного происхождения.

По *термохалинным* характеристикам (рис. 1 и рис. 2) и сопоставлению их с соответствующими характеристиками основных водных масс, приведенными в работе [14, с. 214], здесь достаточно четко идентифицируются две водные массы: прибрежная и экваториальная. Прибрежные воды, как следует из анализа рисунков, формируются в результате взаимодействия вод открытого океана с материковым стоком. Эти воды наиболее теплые (до 29° C) и значительно распресненные (от менее 30 до 34‰). Соответственно плотность их невелика, поэтому, как наиболее легкие, они располагаются только на поверхности до глубин 15 – 30 м [6, с. 84]. Собственно экваториальная водная масса отличается пониженной температурой (24 – 27° C) и более высокой соленостью (34 – 35,5‰). Как более тяжелые, эти воды располагаются на глубинах свыше 20 – 30 м до дна, а также на поверхности в северо-западной части зоны, где особенно велико влияние Гвинейского течения. На глубине они сходны по своим термохалинным показателям с экваториальными водами открытого океана, но ближе к поверхности заметна и их трансформация.

Несмотря на сезонную изменчивость крупномасштабной океанической циркуляции, *гидрологическому режиму* зоны присущи незначительные сезонные контрасты. Амплитуды температуры поверхностных вод не превышают 5° C, уменьшаясь, как правило, с глубиной. Невелики также сезонные колебания солености и только вблизи берега они могут достигать 2‰. Тем не менее, здесь можно выделить два гидрологических сезона: теплый и прохладный. Теплый сезон приходится на конец и первую половину года – октябрь – июнь, с максимумом в марте (до 29° C на поверхности). Прохладный сезон – вторая половина года с несколько пониженной температурой воды. Наиболее пониженные значения наблюдаются на юге зоны (24° C на поверхности), что очевидно связано с интенсификацией и смещением к северу холодного Южного пассатного течения.

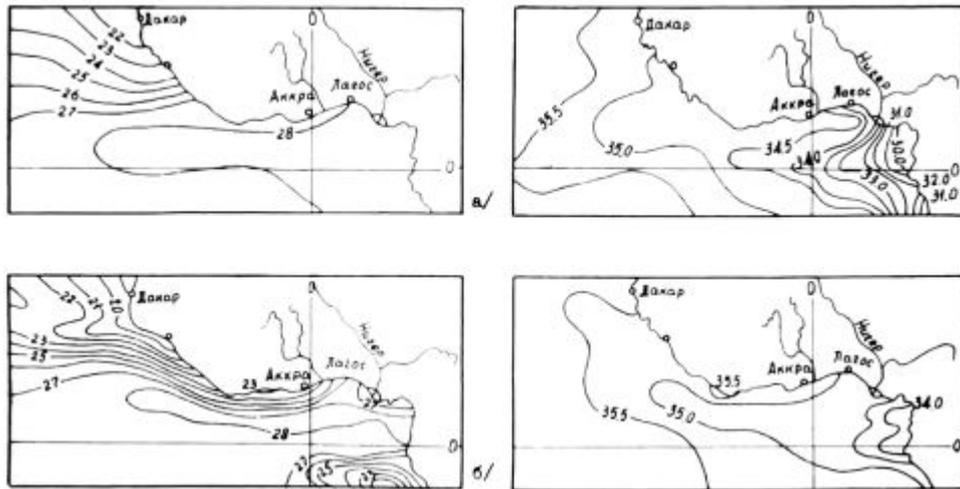


Рис. 1. Распределение температуры и солёности на поверхности (а) и горизонте 25 м (б) в феврале (по [13]). Обозначения: _____ 15 _____ изолинии температуры; _____ 36,0 _____ изолинии солёности (%).

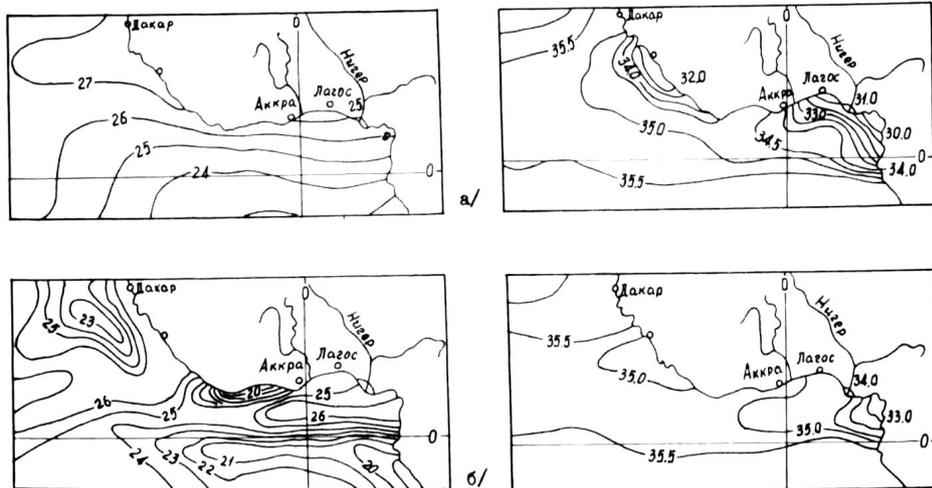


Рис. 2. Распределение температуры и солёности на поверхности (а) и горизонте 25 м (б) в августе (по [13]). Обозначения: _____ 20 _____ изолинии температуры(°С); _____ 35,0 _____ изолинии солёности (%).

Вертикальное распределение термохалинных характеристик также не отличается выраженной сезонной изменчивостью. В вертикальном распределении температуры в течение всего года хорошо прослеживается поверхностный квазиизотермический слой мощностью около 25 м, слой скачка температуры (25 – 50 м) с вертикальным градиентом 0,2 – 0,3° С/м и слой постепенного понижения температуры с глубиной, расположенный ниже 50 м до дна с низкими вертикальными градиентами не

превышающими как правило 0,04 – 0,06° С/м. Аналогичная картина имеет место и в распределении солености. Однако, поверхностный квазиизохалинный слой ярче представлен в прохладный сезон. В теплый же он наиболее четко выражен только на соседних акваториях открытого океана, а на отдельных участках зоны сменяется слоем с повышенным вертикальным градиентом (около 0,2‰/м), возникающим вследствие активного взаимодействия водных масс под влиянием усиливающегося в это время Гвинейского течения.

Кроме физических условий, об обособлении этой зоны свидетельствует своеобразная *минеральная основа* биопродуктивности вод. В сравнении с соседними по широте акваториями шельфа это заметно уже по распределению фосфатов, количество которых в пределах зоны в целом невелико и подчиняется в течение всего года общей закономерности – увеличением их концентраций с глубиной от менее 0,25 мг-ат Р/л на поверхности до 1,00 мг-ат Р/л на горизонте 100 м [13]. Аналогичная картина наблюдается и в экваториальной зоне пелагиали открытого океана. Однако, это сходство только кажущееся, так как давно замечено, что наблюдаемые концентрации биогенных элементов в эвфотическом слое являются лишь остаточными продуктами, неизрасходованными на образование растительных клеток. Поэтому, для такого рода оценки, наряду с количественными показателями, целесообразно использовать косвенные признаки. Существование в экваториальной зоне шельфа индивидуальной минеральной основы биопродуктивности в общих чертах отражено в работе [15]. В ней в исследуемых широтах выделено две области: область со средней биопродуктивностью вод, охватывающая большую часть акватории открытого океана и восточная область с высокой биопродуктивностью, к которой относится вся экваториальная зона шельфа. Их формирование определено рядом факторов и, в первую очередь, различными источниками поставки биогенных веществ в фотический слой, и особенностями океанической циркуляции.

В частности, в открытом океане основным источником поступления биогенов являются глубинные воды, но, по-видимому, из-за преобладания устойчивой стратификации, они поднимаются к поверхности только в районах локальных апвеллингов. На остальной акватории поставка биогенов осуществляется через пикноклин диффузионным путем, который не может обеспечить их достаточного количества для интенсивного развития фитопланктона.

В зоне шельфа, в отличие от открытого океана, имеется два источника поступления минеральных веществ. Судя по интенсивному развитию фитопланктона в прибрежных и особенно приустьевых участках [6], можно сделать вывод, что здесь ведущая роль в снабжении биогенами принадлежит суше. На внешнем шельфе эту роль выполняют прибрежные апвеллинги.

Отличия между водами шельфа и открытого океана наблюдаются и по внутреннему источнику – регенерацией минеральных веществ непосредственно в поверхностном слое. Приведенные в работе [16] сведения о регенерации фосфатов, вычисленной по БПК, свидетельствуют о резком увеличении их концентраций от 0,54 мг-ат Р/л в поверхностных водах открытого океана до 4,37 мг-ат Р/л в водах Гвинейского залива, из чего следует, что и этот источник минерального питания более богат на шельфе, чем в открытом океане.

Благоприятные в целом океанологические условия создают предпосылки для более интенсивного развития жизни в этой географической зоне в сравнении с соседней зоной открытого океана и более сложной ее *биологической структуры*. Так, на шельфе биомасса фитопланктона составляет в среднем $100 - 200 \text{ мг/м}^3$ против $1 - 10 \text{ мг/м}^3$ в пелагиали открытого океана на этих же широтах [17]. Аналогичная тенденция наблюдается и в распределении продукции фитопланктона, величина которой составляет соответственно $10 - 100$ против $5 - 10 \text{ мг С/м}^3/\text{сутки}$, а также в распределении концентраций взвешенных веществ [13]. Однако, следует отметить, что по этим показателям она почти на порядок ниже, расположенной севернее ее, субэкваториальной зоны, поэтому в системе географических зон шельфа ее можно классифицировать только как *среднепродуктивную*.

Кроме общих количественных показателей, отличают экваториальную зону шельфа своеобразные *биологические циклы развития планктона*, для которых характерна менее выраженная, чем в других зонах, сезонная изменчивость с незначительным максимумом в марте и сентябре. Причем, отличия сезонной изменчивости биологического продуцирования прослеживаются не только с изменением географической широты, но и с удалением в открытый океан на этих же широтах. По данным [18], в экваториальной зоне пелагиали открытого океана (по 15° з.д.) в слое $0 - 50$ м основной максимум биомассы фитопланктона наблюдался в сентябре (меньший – в марте), а на шельфе – наоборот. Смещение фаз годового цикла развития планктона в этих зонах, по-видимому, можно объяснить различным сезонным местоположением водных масс и особенностями их взаимодействия.

Качественные различия между зонами прослеживаются не только в видовом отношении, но и на уровне сообществ. Одной из важнейших черт в этом плане является доминирование в фитопланктоне в течение всего года диатомовых водорослей преимущественно неритического комплекса. В качестве примера могут служить результаты исследований на шельфе у Такоради [19]. Несмотря на то, что этот участок зоны находится под наиболее сильным влиянием открытого океана в сравнении с другими, даже в наиболее теплый период в поверхностном слое до глубины 100 м мелкие формы фитопланктона состояли исключительно из диатомовых и только на поверхности преобладали более теплолюбивые – прежде всего представители динофлагеллят. С удалением от берега господство в фитопланктоне переходит к динофлагеллятам, а ближе к центральной части океана, как показывают исследования на разрезах по 5° и 10° з.д., доминируют разнообразные перидинеевые водоросли [20].

Аналогичные качественные и количественные различия между смежными зонами шельфа и открытого океана наблюдаются и в зоопланктоне. На шельфе среднегодовая биомасса зоопланктона составляет $100 - 200 \text{ мг/м}^3$, в открытом океане – $50 - 100 \text{ мг/м}^3$ [21, с. 101]. Также характерно формирование на шельфе неритического комплекса зоопланктона, распространение которого обычно ограничивается изохалиной 35 ‰ [22].

Качественный состав зоопланктона очень разнообразен, но основу биомассы составляют немногие массовые формы, среди которых особую роль, как трофического звена, играет кормовой зоопланктон представленный *Nannocalanus*

minor, *Para-* и *Clausocalanus spp.*, *Euchaeta marina*, *Neocalanus gracilis*, *Calanoides carinatus* и др. [23].

Более детальную информацию можно получить из специально посвященных этому вопросу работ [24, 25]. В целом по имеющимся в них сведениям можно сделать вывод о полосчатом характере распределения планктона, выражающемся в чередовании богатых и бедных по биомассе участков акватории шельфа, что послужило поводом отнести ее к среднепродуктивным зонам шельфа.

Таким образом, приведенные факты и изложенные на их основе умозаключения позволяют считать, что акватория шельфа экваториальных широт не является всего лишь периферией, или провинцией единой экваториальной зоны всего океана. Здесь существует самостоятельная, относительно обособленная от пелагиали открытого океана, географическая зона с присущей ей взаимосвязью компонентов как целого, которая является одной из формирующих отдельную систему зон континентального шельфа.

Список литературы

1. Скребец Г.Н. Индикационные признаки выделения географических зон в океане и ведущие зонообразующие факторы / Г.Н. Скребец // Культура народов Причерноморья. – 2002. – № 35. – С. 26-29.
2. Скребец Г.Н. Географическая зональность в свете научной концепции единства природы материков и океанов / Г.Н. Скребец // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: География. – 2008. – Т. 21 (60). – № 2. – С. 329-333.
3. Скребец Г.Н. Предпосылки формирования системы географических зон на континентальном шельфе / Г.Н. Скребец // Культура народов Причерноморья. – 2007. – № 123. – С. 39-46.
4. Богданов Д.В. Региональная физическая география Мирового океана / Д.В. Богданов. – Москва: Высшая школа, 1985. – 176 с.
5. Петров К.М. Биogeография океана: биологическая структура океана глазами географа / К.М. Петров. – Санкт-Петербург: Изд. Санкт-Петерб. ун-та, 1999. – 232 с.
6. Атлантический океан / [Серия «География океана» / Главн. ред. А.П. Капица]. – Ленинград: Наука, 1984. – 590 с.
7. Литвин В.М. Морфоструктура дна Атлантического океана и ее развитие в мезозое и кайнозое / В.М. Литвин. – Москва: Наука, 1980. – 125 с.
8. Ильин А.В. Геоморфология дна Атлантического океана / А.В. Ильин. – Москва: Наука, 1976. – 232с.
9. Физико-географический атлас мира. – Москва, 1964.
10. Лисицин А.П. Процессы океанской седиментации / А.П. Лисицин. – Москва: Наука, 1978. – 392 с.
11. Абрамов Р.В. Ветровые поля Тропической Атлантики // Тропическая зона Мирового океана и связанные с ней глобальные процессы: статьи / Р.В. Абрамов. – Москва: Наука, 1973. – С. 61-77.
12. Палий Н.Ф. О вертикальной циркуляции в восточной части приэкваториальной Атлантики // Тропическая зона Мирового океана и связанные с ней глобальные процессы: статьи / Н.Ф. Палий. – Москва: Наука, 1973. – С. 126-130.
13. Атлас океанов. Атлантический и Индийский океаны. – Москва, 1977.
14. Гершанович Д.Е., Муромцев А.М. Океанологические основы биологической продуктивности Мирового океана / Д.Е. Гершанович, А.М. Муромцев. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1982. – 320 с.
15. Ханайченко Н.К. Особенности циркуляции вод Тропической Атлантики, определяющие характер биологической продуктивности океана // Тропическая зона Мирового океана и связанные с ней глобальные процессы: статьи / Н.К. Ханайченко. – Москва: Наука, 1973. – С. 141-147.
16. Новоселов А.А., Романов А.С. О степени неконсервативности кислорода и фосфатов в водах экваториальной зоны Атлантического океана // Тропическая зона Мирового океана и связанные с ней глобальные процессы: статьи / А.А. Новоселов, А.С. Романов. – Москва: Наука, 1973. – С. 177-181.
17. Канаева И.П. О количественном распределении планктона Атлантического океана / И.П. Канаева // Труды ВНИРО. – 1965. – Т. 57. – С.54-63.

18. Грезе В.Н. Биологическая структура и продуктивность пелагиали тропической Атлантики // Планктон и биологическая продуктивность тропической Атлантики: статьи / В.Н. Грезе. – К.: Наукова думка, 1977. – С. 214-276.
19. Аверина И.А. Некоторые данные по качественному составу, количеству и распределению фитопланктона у западных берегов Африки в весенне-летний период 1960 г. / И.А. Аверина // Труды АзЧерНИРО. – 1962. – В. 20. – 17-24.
20. Пицык Г.К. Фитопланктон тропической части Атлантического океана // Тропическая зона Мирового океана и связанные с ней глобальные процессы: статьи / Г.К. Пицык. – Москва: Наука, 1973. – С. 266-273.
21. Биологические ресурсы океана / [под ред. П.А. Моисеева].- Москва: Агропромиздат, 1985. – 288 с.
22. Грузов Л.Н. Формирование скоплений зоопланктона в пелагиали Гвинейского залива / Л.Н. Грузов // Труды АтлантНИРО. – 1971. – В. 37. – 406 -428.
23. Vainbridge V. Occurrence of *Calanoides carinatus* (crouer) in the Plancton of the Culf of Guivea / V/ Vainbridge // Nature/ – 1980. – 188. – P. 64-71.
24. Грузов Л.Н., Алексеева Л.Г. Географическая и сезонная изменчивость размеров копепод в Экваториальной Атлантике / Л.Н. Грузов, Л.Г. Алексеева // Труды АтлантНИРО. – 1971. – В. 37. – 352-357.
25. Грузов Л.Н. Продуктивная зона Экваториальной Атлантики и условия ее формирования // Тропическая зона Мирового океана и связанные с ней глобальные процессы: статьи / Л.Н. Грузов. – Москва: Наука, 1973. – С. 258-265.

Скребець Г.М. Екваторіальна зона континентального шельфу східного сектора Атлантичного океану / Г.М. Скребець // Учені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія: Географія. – 2009. – Т.22 (61). – № 2. – С.113-120.

Виявлено основні риси природи екваторіальної зони шельфу Східної Атлантики. Показано корінні відмінності океанологічних умов і біологічної структури вод цієї зони від сусідньої екваторіальної зони пелагіалі відкритого океану, що свідчать про її відокремлення.

Ключові слова: екваторіальна зона шельфу, географічна зона, океанологічні умови, біологічна структура

Skrebets G.N. Equatorial zone of a continental shelf of eastern sector of the Atlantic ocean / G.N. Skrebets // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Geography. – 2009. – Vol. 22 (61). – № 2. – P.113-120.

The basic features of the equatorial zone's nature of the East Atlantic shelf are revealed. Radical differences of oceanological conditions and biological structure of waters of this zone from the next equatorial pelageal zone of the open ocean, testifying about its isolation are shown.

Keywords: equatorial zone of the shelf, geographical zone, oceanological conditions, biological structure

Поступила в редакцію 10.05.2009 г.