

5. Estrada, M. Photosynthetic pigments and productivity in the upwelling region of NW Africa /M. Estrada // *Tethys*. – 1974. – V. 6. – P. 247-260.
6. Dugdale, R.C. Primary production in the Cap Blane region /R.C. Dugdale, F.P. Wilkerson // *Int. Symp. Upw. W Afr., Inst. Inv. Pesq., Barcelona*. – Barcelona, 1985. – Vol. I. – P. 25-36.
7. Fraga F., Barton E.D., Llinas O. The concentration of nutrient salts in «pure» North and South Atlantic Central Waters /F. Fraga, E.D. Barton, O. Llinas // *Int. Symp. Upw. W Afr., Inst. Inv. Pesq., Barcelona*. – Barcelona, 1985. – Vol. I. – P. 25-36.
8. Huntsman, S.A. Primary production off Northwest Africa: the relationship to wind and nutrient conditions /S.A. Huntsman, R.T. Barber // *Deep-Sea Res.* – 1977. – V. 24. – P. 25-33.
9. Lloyd, I.J. Primary production off the coast Northwest Africa /I.J. Lloyd // *J. Cons. int. Explor. Mer.* – 1971. – V. 33. – P. 312-323.
10. Minas, H.J. Nutrients and primary production in the upwelling region off Northwest Africa /H.J. Minas, L.A. Codispoti, R.C. Dugdale// *The canary current: studies of an upwelling system*. – Rapp. P.-v. Cons. int. Explor. Mer. – 1982. – V. 180. – P. 148-183.
11. O'Relly, J. A manual for the measurement of total daily primary productivity on mar-map and ocean pulse cruises using ^{14}C simulated in situ sunlight incubation. Ocean pulse technical manual / J. O'Relly, J. Thomas. – Report No. SHL 79-06 (February 1979). – 104 p.
12. Poole, H.H. Photo-electric measurements of submarine illumination throughout the year /H.H. Poole, W.R. Atkins // *J. Marine Biol. Assoc. U. K.* – 1929. – № 16. – P. 297-324.
13. Schulz, S. A comparison of primary production in upwelling regions off Northwest and Southwest Africa /S. Schulz // *The canary current: studies of an upwelling system*. – Rapp. P.-v. Cons. int. Explor. Mer. – 1982. – V. 180. – P. 202-204.
14. Schulz, S. Some remarks to the conditions for the primary production off NW Africa and the estimation of the annual production /S. Schulz, W. Kaiser // *Comm. No 43 third int. Symp. Upwelling Ecosystems*. – Kiel, 1975. – P. 100-105.
15. Vollenweider, R.A. A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments /R.A. Vollenweider – IBP, Handbook. – 1969. – № 12. – 213 p.

УДК [551.465+591.524.12] (261.77)

А. М. Сирота, Н.Н. Жигалова

ВОДНЫЕ МАССЫ И ВИДОВОЙ СОСТАВ ЗООПЛАНКТОНА У ПОБЕРЕЖЬЯ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ АФРИКИ

Система Канарского апвеллинга на шельфе Северо-Западной Африки является высокопродуктивным районом Атлантики. Оценка средней годовой первичной продукции здесь составляет порядка 7000 т/км^2 , а ежегодного вылова промысловым флотом – около $3 - 10 \text{ т/км}^2$ [9, 11, 14]. Являясь районом интенсивного международного рыболовства, этот район в течение последних десятилетий находится в сфере активных промыслово-океанологических исследований. Но, несмотря на это, экосистема Канарского апвеллинга все еще остается малоизученной по сравнению с другими крупными апвеллинговыми экосистемами Мирового океана (Бенгельской, Перуанской, Калифорнийской).

Бас в 1993 г. [9] попытался обобщить данные по долгопериодной изменчивости океанологических условий и состоянию пелагической экосистемы Канарского апвеллинга. По его мнению, основным фактором, сказывающимся на динамике экосистемы, является Канарское течение. Кроме того, велико влияние интенсивности прибрежного апвеллинга, вихреобразования в районе к югу от Канарских островов, перемещений фронтальной зоны вдоль побережья Мавритании, а также от некото-

рых других второстепенных факторов. Однако результаты его работы носят в большой степени декларативный характер, ввиду недостатка исходных материалов.

Более ранние исследования других авторов [8, 13] показали наличие фронтального раздела между двумя основными водными массами этого района – Северной атлантической центральной водной массой (САЦВ) и Южной атлантической центральной водной массой (ЮАЦВ) – в районе м. Кап-Блан. Некоторые авторы также указывают на существование «биологической» границы между водами с различными характеристиками зоопланктона в районе м. Кап-Блан [22, 26].

В 1994 – 2001 гг. Россией в рамках межправительственных соглашений в области рыболовства с Марокко и Мавританией были выполнены комплексные исследования экосистемы Канарского апвеллинга в прибрежной зоне между 16 и 32°с.ш. Они включали: океанологические съемки, оценку первичной продукции, исследования фитопланктона, зоопланктона и ихтиопланктона, гидроакустические съемки распределения и численности пелагических рыб. При этом, наряду с натурными материалами, использовали данные дистанционного зондирования океана, которые нашли широкое применение в промыслово-океанологических исследованиях последних лет.

В данном сообщении представлены результаты исследования основных водных масс по данным океанографических съемок и спутниковой альтиметрии TOPEX / POSEIDON, а также распределения зоопланктона у побережья Северо-Западной Африки. Выявлены особенности изменчивости продуктивности вод исследуемого района и положения границы между водными массами различного происхождения.

Материалы и методы

Данные океанографических съемок. Использованы материалы 13 комплексных научно-исследовательских экспедиций АтлантНИРО в район ЦВА, проведенных в 1994 – 2001 гг. Океанографические съемки выполнялись в пределах экономических зон Марокко и Мавритании в холодный и теплый периоды года. Количество станций на каждой съемке колебалось от 40 до 130. Всего было выполнено 1376 гидрологических станций (табл. 1).

Таблица 1
Сроки проведения съемок и количество станций, выполненных судами АтлантНИРО в экономических зонах Марокко и Мавритании в 1994 – 2001 гг.

Periods of surveys and number of stations carried out by AtlantNIRO's vessels in the EEZs of Morocco and Mauritania in 1994-2001

№	Название судна	Дата	Число станций
1	«Атлантниро»	17.01-16.03.1994	197
2	«Атлантниро»	05.07-26.07.1994	90
3	«Атлантниро»	25.01-25.02.1995	114
4	«Атлантниро»	19.07-30.09.1995	106
5	«Атлантниро»	06.06-19.07.1996	97
6	«Атлантниро»	08.01-17.02.1997	130
7	«Атлантниро»	21.06-10.08.1997	133
8	«Атлантниро»	26.02-05.04.1998	79
9	«Атлантниро»	05.07-12.08.1998	125
10	«Атлантида»	03.04-01.05.1999	88
11	«Атлантида»	05.07-23.08.1999	127
12	«Атлантида»	14.07-30.07.2000	50
13	«Атлантида»	06.08-18.08.2001	40

Всего: 1376

Съемки проводились в виде широтных параллельных разрезов, расположенных между 16 и 33°с.ш. и отстоящих друг от друга приблизительно на 55 км. Количество станций на каждом разрезе, а следовательно, и его длина определялись местными особенностями рельефа (ширина мелководного участка шельфа, крутизна материкового склона и т.п.). Крайние станции у берега выполнялись над глубинами 20 – 25 м и в мористой части над изобатами 2000 – 2500 м. Количество станций на разрезах варьировало от 3 до 5, а длина разрезов – от 100 до 200 км.

Непрерывное вертикальное зондирование температуры и солености на океанографических станциях осуществлялось с помощью измерительных комплексов «Neil Braun Mark III» и «SBE-19» по стандартным международным методикам.

Методы анализа водных масс. Использованы два метода выделения водных масс. Первый метод традиционный в океанографических исследованиях – метод T,S-анализа, подробно описанный в работе [18]. Применительно к рассматриваемому району процедура выделения и расчета концентраций САЦВ и ЮАЦВ приводится в работе Фомина [13]. Расчет объемов водных масс производили по данным океанологических съемок АтлантНИРО к северу от 21°с.ш в летний период 1994 – 2001 гг. С помощью метода T,S-анализа было определено процентное содержание ЮАЦВ в слоях 50 – 100, 100 – 150, 150 – 200 и 200 – 250 м. В качестве индексов водных масс использовали две прямые линии, соответствующие САЦВ и ЮАЦВ в поле T,S-координат, полученные по данным съемок АтлантНИРО в летний период 1994 – 2001 гг. Объем ЮАЦВ рассчитывали как объем воды, содержание ЮАЦВ в которой превышало 40%.

Второй метод заключается в применении кластерного анализа данных по температуре и солености на стандартных горизонтах в пределах океанографических съемок. Этот метод широко применяется в современных океанологических исследованиях [1, 6, 4, 15, 20] и позволяет проводить обработку большого количества наблюдений с помощью методов многомерного статистического анализа. В данной работе для изучения структуры водных масс и ее временной изменчивости в районе шельфа Марокко и Мавритании использованы данные океанологических наблюдений на восьми съемках, выполненных АтлантНИРО в летний период 1994 – 2001 гг. (как правило в течение июня – августа). По данным температуры и солености на стандартных горизонтах получены средние взвешенные значения в слое 0 – 100 м (дно) на каждой гидрологической станции. Все съемки были объединены в одну матрицу, состоящую из двух переменных (столбцов – T и S) и 562 строк (станций). Чтобы привести их к безразмерному виду, значения температуры и солености стандартизировали. Далее к исходной матрице применялся кластерный анализ иерархическим методом Уорда с расчетом различных мер близости. В итоге было выбрано расстояние Сити-блок (или Манхэттенское расстояние).

Данные спутниковой альтиметрии. Уровень океана, рассчитанный по данным спутниковой альтиметрии, несет в себе информацию о поле динамической топографии (ДТ). Однако он отличается от привычных результатов расчета по глубоким гидрологическим данным или результатам модельных расчетов, так как измеряется относительно отсчетного эллипсоида, связанного с центром масс Земли. Поэтому изменчивость ДТ изучают по аномалиям уровня океана (АУО) относительно средней морской поверхности (СМП), рассчитанной по многолетним данным спутниковой альтиметрии [23]. Для восстановления синоптического поля ДТ используется суперпозиция поля средней климатической ДТ и АУО [17].

В данной работе использовались сведения АУО из массива данных NASA/GSFC Pathfinder Version 1.0, рассчитанные по данным спутниковой альтиметрии программы T/P и усредненные по десятидневным циклам в узлы регулярной одноградусной сетки за период 1992 – 2003 гг. Аномалии рассчитаны относительно СМП GSFC00.1

и включают в себя стандартные геофизические поправки [16]. Всего рассмотрено 377 циклов с 23.09.1992 г. по 25.02.2003 г. в пределах района $5 - 35^{\circ}$ с.ш., $5 - 25^{\circ}$ з.д.

Средняя климатическая ДТ относительно уровня 1000 м рассчитана по средним многолетним данным температуры и солености из Атласа WOA – 1998 [7, 10] и прибавлена к значениям АУО для каждого цикла. Полученные карты интерпретировались как карты ДТ поверхности океана за десятидневный период для оценки интенсивности основных течений исследуемого района (Канарского течения (КТ) и Северной ветви Межпассатного противотечения (СМПТ)).

Данные по зоопланктону. Материалом послужили 125 проб сетного зоопланктона, собранных в летние сезоны 1998 – 2001 гг. в ходе экспедиций АтлантНИРО в пределах экономической зоны Мавритании (между 16 и 21° с.ш.). Лов зоопланктона проводили по стандартной методике [2] сетью Бонго (диаметр входного отверстия 20 см), выполненной из газа с ячейей 167 кмк в слое от поверхности до горизонта 100 м или до дна. Пробы фиксировали 4%-ным раствором формалина.

Камеральная обработка включала в себя идентификацию организмов до вида, семейства или более крупной таксономической градации, а также подсчет численности каждого встреченного вида с учетом размерного состава. Используя индивидуальные размеры, по формулам зависимости длина – масса, полученным в АтлантНИРО или заимствованным из литературных источников, рассчитывали массу тела каждого организма. На основе этих расчетов вычислена биомасса отдельных таксонов и общая биомасса мезозоопланктона. Все показатели обилия зоопланктона рассчитаны для кубического метра обловленного слоя.

Результаты

Распределение водных масс

На рис. 1 показано изменение объема ЮАЦВ к северу от 21° с.ш. в летний период 1994 – 1999 гг., рассчитанного с помощью T,S-анализа. Максимальный объем вод, занятых ЮАЦВ севернее 21° с.ш., наблюдался летом 1995 г. В это же время граница, разделяющая в поверхностном слое южную и северную водные массы, находилась на $21^{\circ}30'$ с.ш., т.е. севернее своего обычного положения. Тенденции широтных перемещений этой границы и изменения объема ЮАЦВ в прибрежных водах юга Марокко также совпадают. С 1995 по 1998 г. граница между водными массами смещалась в южном направлении, а объем ЮАЦВ на шельфе Марокко соответственно уменьшался (см. рис. 1). В 1999 г. объем ЮАЦВ начал увеличиваться.

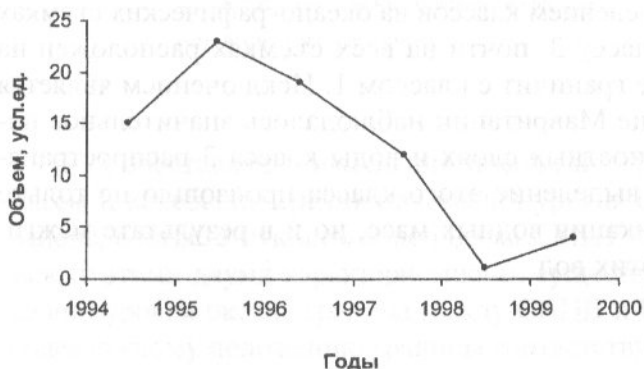


Рис. 1. Изменение объема ЮАЦВ в слое 50 – 250 м к северу от 21° с.ш. по результатам T,S-анализа данных океанологических наблюдений в летний период 1994 – 1999 гг.

Fig. 1. Variations in SACW volume between 50 and 250 m to the north of 21° N basing analysis of T,S data collected during the oceanographic surveys in the summer of 1994-1999

Кластерный анализ наблюдений за температурой и соленостью на океанографических съемках показал, что оптимальным разделением совокупности пространственных точек наблюдений в нашем случае является дифференцировка на три класса. На обобщенной T,S-диаграмме этого варианта классификации (рис. 2) выделяются две основные водные массы: северного происхождения (класс 1) и южного происхождения (классы 2 и 3). Водная масса южного происхождения, в свою очередь, разделяется на два подтипа – южный и северный. Эти подтипы отличаются друг от друга в основном по температуре и являются, по-видимому, модификациями Южной поверхностной водной массы [19, 21] и ЮАЦВ.

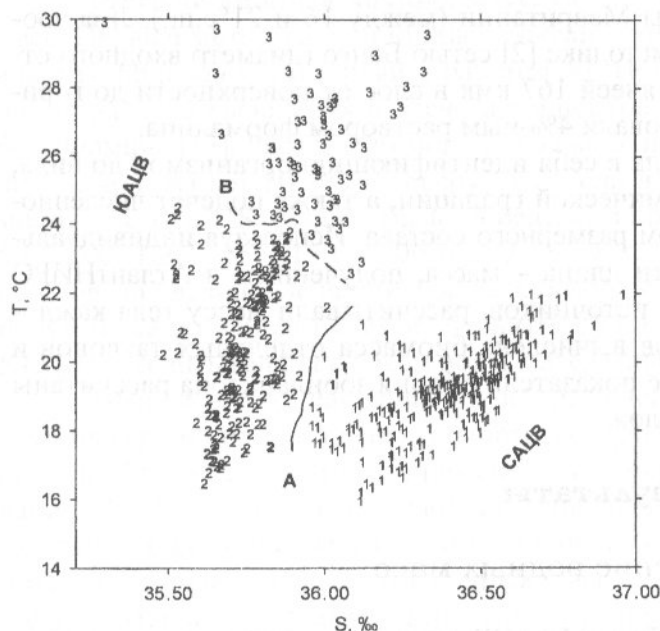


Рис. 2. T,S-диаграмма по средневзвешенным значениям температуры и солености в слое 0 – 100 м (дно) по результатам океанологических съемок в летний период 1994 – 2001 гг. в зонах Марокко и Мавритании (цифры – номера классов; линии А и В – границы между классами)

Fig. 2. T,S-diagram based on the mean weighted temperature and salinity values within 0 and 100m (bottom). Data are collected during the oceanographic surveys in the summer of 1994-2001 in the zones of Morocco and Mauritania (figures – numbers of the classes; lines A and B – boundaries between classes)

Воды класса 1 относятся к Северной поверхностной водной массе и САЦВ и характеризуются следующими значениями средних взвешенных характеристик T и S в слое 0 – 100 м (дно): температура в пределах 16 – 22°C и соленость – 35,95 – 36,9‰. Воды класса 2 являются северной модификацией Южной поверхностной водной массы и ЮАЦВ со значениями температуры 16 – 24°C и солености 35,5 – 35,9‰. Воды класса 3 представляют южную модификацию Южной поверхностной водной массы и ЮАЦВ со значениями температуры 23 – 30°C и солености 35,2 – 36,3‰.

Очевидно, что граница взаимодействия водных масс северного и южного происхождения в поле T,S-координат находится в окрестностях линии «А». Это подтверждается пространственным распределением классов на океанографических съемках (рис. 3). Участок, соответствующий классу 3, почти на всех съемках расположен на юге исследуемого района и никогда не граничит с классом 1. Исключением является съемка 2001 г., когда в шельфовой зоне Мавритании наблюдалось значительное повышение температуры воды в поверхностных слоях и воды класса 3 распространились до м. Кап-Блан. Следовательно, выделение этого класса произошло не только по причине пространственной модификации водных масс, но и в результате межгодовой трансформации характеристик этих вод.

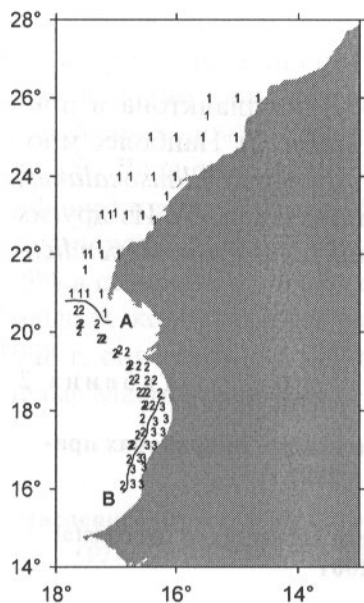


Рис. 3. Пространственное положение водных масс 06.06-19.07.1996 г. по результатам классификации методом Уорда (цифры – номер класса; А – граница между классами 1 и 2; В – граница между классами 2 и 3)

Fig. 3. Spatial position of the water masses from 06.06 till 19.07.1996 using the results of the Ward method-based classification (figures – numbers of the classes; А – boundary between classes 1 and 2; ; В – boundary between classes 2 and 3)

От года к году граница между северной и южной водными массами претерпевает значительные пространственные колебания (рис. 4). Самое южное положение она занимала в 1994 г. ($20^{\circ}15'$ с.ш.), а самое северное в 1995 и 2000 – 2001 гг. (почти до 22° с.ш.). В 1996 – 1998 гг. зона взаимодействия водных масс находилась южнее своего среднего положения. Это соответствует колебаниям объема ЮАЦВ на юге Марокко (см. рис. 1). Смещение границы между водными массами на север сопровождается увеличением объема ЮАЦВ в районе к северу от м. Кап-Блан и наоборот.



Рис. 4. Изменчивость положения границы между водными массами северного и южного происхождения в летний период и средних аномалий уровня океана в подрайоне распространения Северной ветви Межпассатного противотечения

Fig. 4. Variability of the boundary position between the waters of the northern and southern origin in summer and mean anomalies of the sea level in the sub-area of the North Branch of Equator Counter Current

Сопоставление изменений положения границы распространения южной водной массы и колебаний средних аномалий уровня океана по данным TOPEX/POSEIDON в районе, соответствующем зоне потока СМПТ ($5 - 20^{\circ}$ с.ш. и $20 - 15^{\circ}$ з.д.), показало, что между этими двумя характеристиками существует тесная связь (см. рис. 4). При повышении уровня океана граница между САЦВ и ЮАЦВ смещается на север и, наоборот, более южному положению границы соответствует понижение уровня.

Состояние зоопланктона

Копеподы составляли основу численности (70 – 80%) зоопланктона в прибрежных водах Мавритании в летний сезон 1998 – 2001 гг. (табл. 2). Наиболее многочисленными были представители каляноид (*Paracalanus*, *Temora*, *Clausocalanus*, *Acartia*), циклопид (*Corycaeus*, *Oithona*, *Oncaea*) и их наушии (табл. 3). Из других таксономических групп наиболее массово были представлены *Cladocera*, *Appendicularia*, *Chaethognata* и личинки десятиногих ракообразных.

Таблица 2

Некоторые показатели развития зоопланктона (з-на) в северном и южном подрайонах прибрежных вод Мавритании в летний период 1998 – 2001 гг.

Some indices of zooplankton development in the northern and southern sub-areas of the coastal waters of Mauritania in the summer of 1998-2001

Показатели	1998	1999	2000	2001
Северный подрайон (19°00' – 20°30'с.ш.)				
Общая численность з-на (экз./м ³)	3420	2061	1090	7115
Общая биомасса з-на (мг/м ³)	221	162	194	540
Численность копепод (экз./м ³)	2678	1448	798	5684
Доля копепод, % общей численности зоопланктона	78	70	73	80
Доля сальп, % общей биомассы з-на	2,3	5,6	31,4	3,9
Доля экваториальных видов, % общей численности з-на	0,17	1,7	3,2	5,1
Южный подрайон (16°30'с.ш. – 19°с.ш.)				
Общая численность з-на (экз./м ³)	5598	9893	2108	23827
Общая биомасса з-на (мг/м ³)	524	1213	310	1574
Численность копепод (экз./м ³)	3779	6375	1575	15504
Доля копепод, % общей численности зоопланктона	68	64	75	65
Доля сальп, % общей биомассы зоопланктона	3	8	28	0,5
Доля экваториальных видов, % общей численности зоопланктона	1,2	1,9	6,4	16
Общая численность зоопланктона для всего района, экз./м ³ *1000	5	6,5	1,7	16,7
Общая биомасса зоопланктона для всего района, мг/м ³	440	770	270	1102

Анализ динамики качественного состава зоопланктона прибрежных вод Мавритании в летний сезон 1998 – 2001 гг. показал, что состав наиболее многочисленных и руководящих (встречаемость более 50%) таксономических групп зоопланктона оставался практически постоянным (см. табл. 3). Изменения касались главным образом группы второстепенных и случайных форм (встречаемость 49 – 25% и менее 25%). Так, встречаемость копеподы *Calanoides carinatus* в летний сезон 1998 – 2001 гг. уменьшилась с 72 до 27%, а представители рода *Microcalanus* были обнаружены только в летних сборах 1998 г. Летом 2001 г. исчезли из верхнего слоя батипелагические и интерзональные виды, выносимые к поверхности восходящими токами воды. В то же время, прослеживалась тенденция к росту встречаемости и доли

в суммарной численности таксономических групп зоопланктона, являющихся многочисленными и широко распространенными в сенегало-гвинейских водах экваториальной провинции (*Pseudodiaptomus* sp., *Temora turbinata*, *Centropages velificatus* и др.) [5]. Доля этих видов в суммарной численности зоопланктона (в среднем на одну станцию) в июне – июле 1998 г. не превышала 0,2% севернее 18°с.ш. и 1,2% южнее этой широты. В июле – августе 1999 – 2001 гг. доля этих видов была уже на уровне 2 – 5% в северном подрайоне и 6 – 16% в южном (см. табл. 2). При этом, зона их наибольших концентраций расширялась в течение рассматриваемого периода, летом 1998 г. она занимала лишь район к югу от 18°с.ш., а летом 2001 г. охватывала весь шельф Мавритании (рис. 5).

Таблица 3

Численность (экз./м³) и встречаемость (% общего количества станций на съемке) некоторых групп зоопланктона прибрежных вод Мавритании в летний период 1998 – 2001 гг.,

Abundance (ind./m³) and occurrence (% of the total number of stations) for some zooplankton groups from the coastal waters of Mauritania in the summer of 1998-2001

Таксон	1998		1999		2000		2001	
	экз./м ³	%	экз./м ³	%	экз./м ³	%	экз./м ³	%
<i>Paracalanus</i> spp.	1089	100	1812	71	450	100	3102	86
<i>Clausocalanus</i> spp.	327	95	489	92	113	100	526	90
<i>Temora</i> spp.	265	72	523	100	54	87	923	93
<i>Oncaea</i> spp.	308	84	226	97	182	93	1211	90
<i>Acartia</i> spp.	297	36	158	77	71	70	570	83
<i>Centropages chierchia</i>	285	80	64	77	38	80	84	45
<i>Oithona</i> spp.	190	92	168	100	71	97	1046	69
<i>Calanoides carinatus</i>	116	72	21	52	4	40	35	28
<i>Microcalanus</i> spp.	90	2	-	-	-	-	-	-
<i>Nauplia calanidae</i>	70	60	58	48	20	70	366	41
<i>Corycaeus</i> spp.	54	76	277	84	90	83	779	79
<i>Eucalanus</i> + <i>Rhincal.</i> spp.	38	84	97	90	23	80	145	75
<i>Calocalanus</i> spp.	6	15	47	58	39	77	226	66
<i>Nannocalanus minor</i>	13	68	20	81	20	87	59	93
<i>Euterpina acutifrons</i>	43	40	10	35	6	57	205	14
<i>Macrosetella gracilis</i>	1	20	5	35	14	77	173	90
<i>Pseudodiaptomus</i> sp.	-	-	3	3	8	43	1106	38
<i>Centropages velificatus</i>	0,3	2	0,6	3	0,2	10	18	28
<i>Cladocera</i>	171	28	1432	68	42	57	1695	41
<i>Chaetognatha</i>	271	100	86	97	30	97	94	97
<i>Decapoda larvae</i>	397	96	74	94	80	100	123	97
<i>Salpae</i>	10	40	44	61	42	70	12	48
<i>Appendicularia</i>	67	60	112	90	93	90	1068	79
<i>Calyptopsis</i> + <i>Furcilia euph.</i>	65	60	3	42	3	57	6	38
<i>Mollusca</i>	161	40	133	84	27	43	246	93
<i>Radiolaria</i>	0,6	4	34	23	0,2	7	369	48
<i>Lucifer</i>	10	60	26	71	54	80	198	86
Доля экваториальных видов, % общей численности зоопланктона		1,0		1,9		5,7		14,0
Индекс видового разнообразия (по Шеннону), бит/экз.	5,0136		5,4704		5,5404		5,4933	

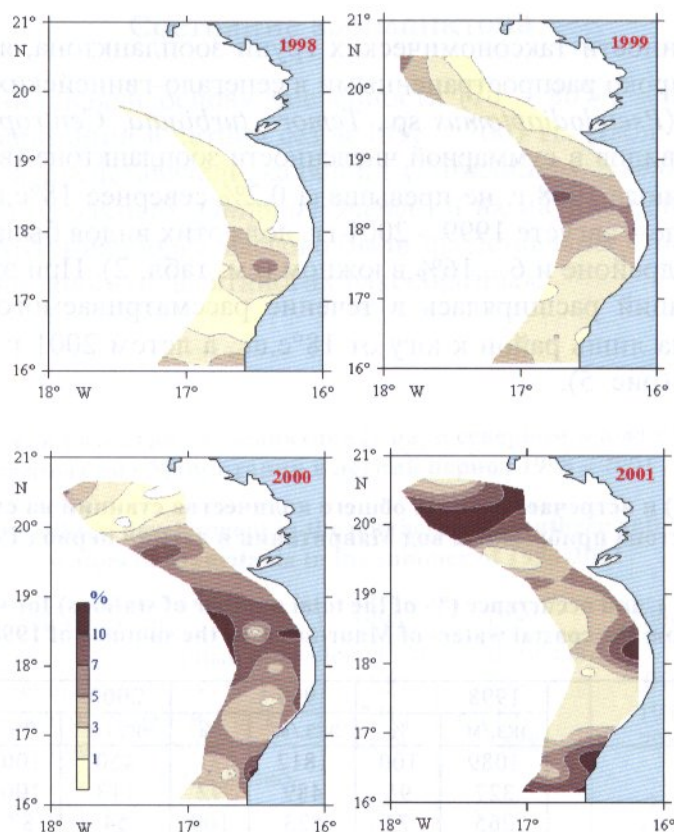


Рис. 5. Доля экваториальных видов копепод в суммарной численности зоопланктона в прибрежных водах Мавритании в летний период 1998 – 2001 гг., %

Fig. 5. The share of the equatorial copepod species in the total zooplankton abundance in the coastal waters of Mauritania in the summer of 1998-2001, %

Судя по материалам экспедиционных отчетов, в период исследований интенсивность подъема вод вдоль мавританского побережья снижалась год от года, что сопровождалось уменьшением встречаемости и численности видов, характерных для холодных вод апвеллинга, главным образом копеподы *Calanoides carinatus*, являющейся индикатором подъема вод [3]. Встречаемость этого вида в летние сезоны 1998 – 2001 гг. сократилась с 72 до 27%. Естественно было бы ожидать, что со спадом активности апвеллинга уровень количественных показателей развития зоопланктона также должен был снижаться. Но эта закономерность прослеживалась лишь в северной части района и только в 1998 – 2000 гг. В южном подрайоне, в условиях снижения интенсивности апвеллинга, обилие зоопланктона даже возрастало. Показатели развития зоопланктона в летний сезон 2001 г. превышали в три раза соответствующие средние величины предыдущего трехлетнего периода. Наиболее интенсивно зоопланктон развивался в водах мелководного шельфа к югу от 18°с.ш., что обеспечивало высокие значения суммарных количественных показателей в среднем для всего района (см. табл. 2).

Из этого ряда выпадает летний сезон 2000 г., когда средние величины количественных показателей развития зоопланктона оказались ниже предыдущих. Особенности гидрологической ситуации в этот период, связанные с интенсивным вторжением на шельф бедных жизнью океанических вод, образование больших концентраций потребителя зоопланктона – анчоуса и конкурента за пищу – салпы, сопровождалось резким сокращением количественных показателей развития зоопланктона (см. табл. 2).

Обсуждение результатов

Наблюдавшаяся в период исследований связь между колебаниями уровня океана, по данным спутниковой альтиметрии TOPEX/POSEIDON, и положением границы, разделяющей водные массы разного происхождения (САЦВ и ЮАЦВ), может свидетельствовать об изменчивости интенсивности СМПТ, а следовательно, и адвекции ЮАЦВ вдоль шельфа Северо-Западной Африки. Действительно, согласно теории морских течений, усиление северного вдольберегового течения СМПТ должно сопровождаться подъемом уровня океана у берега африканского континента [25]. В то же время, основным источником вод экваториального происхождения в районе Мавритании и к северу от 21° с.ш. является адвекция ЮАЦВ, возникающая при усилении СМПТ. Это позволяет сделать вывод о том, что альтиметрические данные уровня океана отражают интенсивность вдольберегового потока Северной ветви Межпассатного противотечения. Его усиление приводит к смещению на север границы распространения водной массы южного происхождения, а уровень океана в это время повышается. И наоборот, понижение уровня связано с ослаблением интенсивности северного потока течения и смещению на юг северной границы южной водной массы.

Около $17^{\circ}30'$ с.ш. проходит зоогеографическая граница [12], южнее которой, вплоть до 15° с.ш., располагается сенегальская часть экваториальной провинции, где довольно часто могут встречаться зоопланктеры экваториальной природы. К северу от этой границы экваториальные виды можно обнаружить в открытых водах главным образом в осенний сезон.

Периоды интенсификации СМПТ и адвекции ЮАЦВ на шельф Мавритании в летний период наблюдались в 1995 и 1999 – 2001 гг. При этом интенсивность процесса прибрежного апвеллинга в исследуемом районе снижалась. В то же время, к 2001 г. на большинстве станций комплексных съемок в составе зоопланктона появились виды, которые в 1998 г. встречались редко. Индекс видового разнообразия Шеннона [24] вырос с 5,014 до 5,54 бит/экз. Поскольку исследования проводились в один и тот же сезон, наблюдавшиеся особенности качественного состава зоопланктона нельзя отнести к проявлению сезонности. Очевидно, рост встречаемости в планктоне видов экваториальной природы и увеличение их численности обусловлены ростом доли вод экваториального происхождения, которые принесли в этот район не только характерные виды зоопланктона, но и легкодоступные биогены, благоприятствовавшие интенсивному развитию как этих видов, так и всей планктонной фауны. В свою очередь, северная адвекция этих вод связана с интенсификацией Северной ветви Межпассатного противотечения. Все эти факторы привели к тому, что на фоне снижения интенсивности прибрежного апвеллинга на шельфе Мавритании в 1999 – 2001 гг. наблюдалось увеличение продуктивности зоопланктона.

Заключение

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что наряду с таким важным океанологическим фактором, как прибрежный апвеллинг, на продуктивность вод в прибрежной зоне Мавритании значительное влияние оказывает адвекция водной массы южного происхождения Северной ветвью Межпассатного противотечения. Усиление адвекции этих вод приводит к увеличению видового разнообразия зоопланктона, а также к росту его биомассы и численности.

В данной работе продемонстрированы возможности и эффективность использования регулярных данных спутниковой альтиметрии для исследования изменчивости интенсивности вдольберегового течения и распределения водных масс.

Методы дистанционного зондирования океана позволяют проводить мониторинг распределения водных масс и динамику связанных с ними индикаторных видов зоопланктона.

Список использованной литературы

1. Ефимов, В.В. Классификация межгодовых аномалий температуры поверхности океана / В.В. Ефимов, А.В. Прусов, М.В. Шокуров // *Океанология*. – 1995. – Т. 35, № 4. – С. 505-513.
2. Методические указания по сбору проб зоо-, икhtiопланктона планктоносорщиком «Бонго» и их обработке / сост.: А.С. Носков, В.И. Виноградов, А.Н. Романченко; АтлантНИРО. – Калининград, 1983. – 34 с.
3. Раймонт, Дж. Планктон и продуктивность океана / Дж. Раймонт. – М.: Агропромиздат, 1988. – 644 с.
4. Сирота, А.М. Пространственно-временная изменчивость температуры поверхности вод Юго-Восточной части Тихого океана / Сирота А.М., Андрианов Г.Н. // *Промышленно-биологические исследования АтлантНИРО в 2000-2001 годах*. Т. 1. Атлантический океан и Юго-Восточная часть Тихого океана: сб. науч. тр. / Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. – Калининград, 2002. – С. 26-38.
5. Тропическая Атлантика. Регион Гвинеи / А.А. Безбородов, Н.П. Булгаков, З.П. Бурлакова [и др.]; под ред. В.Н. Еремеева. – Киев: Наукова думка, 1988. – 412 с.
6. Яковлев, В.Н. Применение кластер-анализа для классификации океанологических процессов / В.Н. Яковлев, Ю.С. Альтман // *Вопросы использования оперативной спутниковой информации в рыбохозяйственных исследованиях: сб. науч. тр. / Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии*. – Калининград, 1980. – С. 11-18.
7. Antonov, J. World Ocean Atlas 1998 World Ocean Atlas 1998 Vol 4/ S. Levitus, T.P. Boyer, M.E. Conkright, T.O'Brien, C. Stephens // *Atlantic Ocean temperature fields, NOAA Atlas NESDIS 27, U.S. Gov. Printing Office, Washington, D.C.* – 1998. – World Ocean Atlas 1998. – 166 p.
8. Barton, E.D. Structure and variability of the central water mass front off Cabo Blanco. October 1981 – April 1982 // *Int. Symp. Upw. W Afr., Inst. Inv. Pesq., Barcelona*. – 1985. – V. I. – P. 25-36.
9. Bas, C. Long-term Variability in the Food Chains, Biomass Yields, and Oceanography of the Canary Current Ecosystem / in Kenneth Sherman, et al. (eds.) // *Large Marine Ecosystems: Stress, Mitigation, and Sustainability*. Washington, D.C.: American Association for the Advancement of Science. – 1993. – P. 94-103.
10. Boyer, T.P. World Ocean Atlas 1998 Vol 4/ S. Levitus, J. Antonov, M.E. Conkright, T.O'Brien, C. Stephens // *Atlantic Ocean salinity fields, NOAA Atlas NESDIS 30, U.S. Gov. Printing Office, Washington, D.C.* – 1988. – 166 p.
11. Cury, P., Roy C., Faure V. Environmental constraints and pelagic fisheries in upwelling areas: the Peruvian puzzle // *Benguela dynamics: impacts of variability on shelf-sea environments and their living resources / Pillar S.C., Moloney C.L., Payne A.I.L., Shillington, F.A., Eds.* // *S. Afr. J. mar. Sci.*, 19. 1998. – P. 159-167.
12. Delais M. Repartition des Mugilidae le long des cotes du Senegal et de la Mauritanie // *ICES Council Meeting, 1960. mimeogr.*
13. Fraga F., Barton E.D., Llinas O. The concentration of nutrient salts in «pure» North and South Atlantic Central Waters. // *Int. Symp. Upw. W Afr., Inst. Inv. Pesq., Barcelona*. – 1985. Vol. I. – P. 25-36.
14. Jarre-Teichmann A., Shannon L.J., Moloney C.L., Wickens P.A. Comparing trophic flows in the southern Benguela to those in other Upwelling ecosystems // *Benguela dynamics: impacts of variability on shelf-sea environments and their living resources (Pillar S.C., Moloney C.L., Payne A.I.L., Shillington, F.A., Eds)*. *S. Afr. J. mar. Sci.*, 19. 1998. P. 391-414.
15. Kidson W.J., Revell M.J., Bhaskaran B., Brett Mullan A., Renwick J.A. Convection patterns in the Tropical Pacific and their influence on the atmospheric circulation at higher latitudes // *Journal of Climate*, 2002. Vol. 15. – P. 137-159.
16. Koblinsky C.J., R. Ray, B.D. Becley et al. NASA Ocean Altimeter Pathfinder Project. NASA Goddard Space Flight Center, Reprinted, Sept., Report 1: Data Processing Handbook,

NASA/TM-1998-208605, April, 1999. 55 pp. Report 2: Data Set Validation, NASA/TM-1999-209230, June 1999. – 56 p.

17. Lebedev, S.A. Capabilities of the satellite altimetry in the investigation of synoptic variability of ocean surface dynamics. Problems and future trends // The Reports of XII International Fishery Oceanography Conference. Kaliningrad, 2002. P. 138-140.

18. Mamaev, O.I. Temperature-Salinity Analysis of World Ocean Waters // Elsevier Oceanography. Ser. II. Elsevier Sci. Publ. Co. Amsterdam & New York, 1975. – 374 p.

19. Manriquez M., Fraga F. The distribution of water masses in the upwelling region off Northwest Africa in November // Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 180. 1982. P. 39-47.

20. Mimmack G.M., Mason, J.S., Galpin J.S. Choice of distance matrices in cluster analysis: defining regions // Journal of Climate, June 2001. Vol. 14. P. 2790-2797.

21. Nehring D, Schemainda R., Schulz S., Kaiser W. Seasonal variation of some oceanological features in the upwelling area off NW Africa // ICES CM 1974/C:08. 1974. – 15 p.

22. Postel, L. The pelagic cross-shelf and alongshore boundaries of the North West African upwelling region and their annual variability in terms of zooplankton biomass // Int. Symp. Upw. W Afr., Inst. Inv. Pesq., Barselona, 1985. Vol. I. – P. 479-487.

23. Satellite altimetry and earth sciences. A handbook of techniques and applications / Eds. Fu L.-L. and Cazanave A. San Diego: Academic Press, 2001. – 463 p.

24. Shannon, C.E., Weaver, W. The mathematical theory of communication. Urbana. Iniversity of Illinois Press., 1949. – 117 p.

25. Stewart R.H. Introduction to Physical Oceanography. Department of Oceanography, Texas A & M University, 2002. – 342 p.

26. Vives, F. On the zooplankton populations from the west coast of Africa // Int. Symp. Upw. W Afr., Inst. Inv. Pesq., Barcelona. – 1985. Vol. I. P. – 449-470.

УДК [595.384.12 + 639.281.2] (261.7)

Л.Л. Роменский, В.Д. Строгалев,
Ч.М. Нигматуллин, Г.В. Фомин

ЭКОЛОГИЯ И ПРОМЫСЕЛ ПЕЛАГИЧЕСКОЙ КРЕВЕТКИ ФУНХАЛИИ FUNCHALIA WOODWARDI У ПОБЕРЕЖЬЯ НАМИБИИ

Фунхалия – среднеразмерная пелагическая креветка, имеющая промысловое значение. Она распространена циркумнотально в Южном полушарии, в Средиземном море, Северной Атлантике от Гебридских до Азорских островов и Мадейры. В Южном полушарии, кроме вод Южной Атлантики, этот вид был обнаружен у юго-восточного и юго-западного побережья Австралии, восточнее Новой Зеландии и у побережья Чили [2, 3, наши неопубликованные данные]. Этот нерито-океанический вид, как правило, обитает мористее изобаты 400 м и совершает суточные вертикальные миграции. Ночью креветки поднимаются в поверхностные слои воды, а в дневное время опускаются на глубины 400 – 500 м [3]. На большей части своего ареала фунхалия немногочисленна, но в некоторых районах Восточной Атлантики (банка Поркьюпайн, побережья Намибии и ЮАР) создает локальные промысловые скопления [4, 5, 13, 16].

В районе Намибии креветка встречается как в водах прибрежной ветви Бенгельского течения [3], так и в океанических его ветвях. Начиная с 1968 г. сотрудники АтланНИРО эпизодически проводили здесь попутный сбор материала по экологии этой креветки с отдельными уловами до 2 т за часовое траление. Обнаружение скоп-