

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ**

**МОРСКОЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ НАН УКРАИНЫ**



**СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

*Средства и информационные технологии*

**Сборник научных трудов**

**Севастополь**

**2006**

# ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЗОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ АПВЕЛЛИНГА ЮГО-ЗАПАДНОЙ АФРИКИ ПО ДАННЫМ КОНТАКТНЫХ И СПУТНИКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Ю.В. Артамонов, В.Н. Белокопытов,  
А.Е. Букатов, Н.М. Соловей,  
Е.А. Скрипалева, А.Х. Халиулин

Морской гидрофизический институт  
НАН Украины  
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2  
E-mail: [ocean@mhi2.sebastopol.ua](mailto:ocean@mhi2.sebastopol.ua)

На основе архивной базы гидрологических данных (МБД – 2001) и данных спутниковых измерений температуры поверхности океана (ТПО) за период с 1985 по 2001 гг. исследованы закономерности сезонной изменчивости характеристик апвеллинга у берегов Юго-Западной Африки. Проанализированы вертикальная термохалинная структура вод, сезонная изменчивость поверхностных и подповерхностных водных масс и характеристик фронтов в зоне апвеллинга.

**Введение.** В настоящее время перед промысловой океанологией стоит задача научного обеспечения возобновления и расширения промысла в Мировом океане. Одним из наиболее перспективных районов в Атлантическом океане является Юго-Восточная Атлантика (Бенгельский апвеллинг), где, вследствие подъема в верхний фотический слой вод, богатых биогенными элементами, наблюдается интенсивное развитие планктонных сообществ. Ведение эффективного промысла в этих обширных по площади районах требует высокого уровня знаний о закономерностях формирования биологической продуктивности вод, которые в значительной мере определяются крупномасштабными океанологическими процессами.

В последние десятилетия появились возможности доступа к глобальным международным базам океанологических данных, оперативного получения и анализа спутниковой информации с высоким пространственно-временным разрешением. Уже получены важные в научном и практическом плане результаты, которые в настоящее время широко используются для обеспечения эффективного промысла. Результаты исследований представлены в нескольких обоб-

щающих монографиях [1 – 4]. Постоянное пополнение международных глобальных архивов океанологической информации, в том числе результатами спутникового зондирования поверхности, позволяет обновлять наши представления о формировании и изменчивости структуры вод в промысловых районах.

Цель настоящей работы – исследование климатических характеристик апвеллинга и закономерностей их внутригодового цикла у берегов Юго-Западной Африки на основе современных баз контактных и спутниковых данных.

**Материалы и методика.** В качестве исходных данных использованы массив реальных значений температуры Мировой базы данных 2001 г. и массив спутниковых измерений ТПО за период с 1985 по 2001 гг. со среднемесячным осреднением в узлах сетки 54×54 км из архива *AVHRR Ocean Pathfinder Data JPL NOAA/NASA*.

Массив фактических гидрологических наблюдений для акватории: 15 – 35° ю.ш. и 10° в.д – берег Африки включает 35397 станций за время с 1889 по 2001 гг. Относительно равномерное распределение гидрологических данных по месяцам (рисунок 1), по сравнению с другими районами Мирового океана, позволяет более надежно описать сезонный цикл гидрофизических полей. Структура вод исследовалась с использованием методов T,S-анализа и объемно-статистического анализа данных глубоководных океанологических наблюдений.

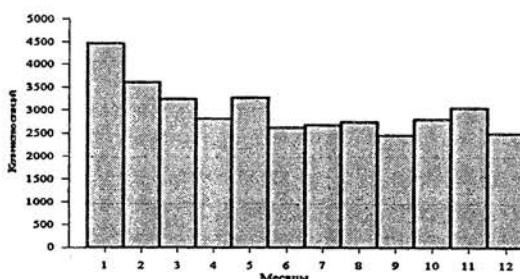


Рисунок 1 – Изменение суммарного количества гидрологических станций на исследуемой акватории по месяцам.

Структура и изменчивость фронтальных разделов анализировалась по распределению горизонтальных градиентов температуры в сечении параллелей 25° ю.ш. и 30° ю.ш.

**Анализ результатов.** Структура поля температуры вод в исследуемом регионе в

значительной степени определяется особенностями крупномасштабной циркуляции вод. Западнее южной оконечности Африки часть холодного Антарктического циркумполярного течения отделяется и несет свои воды на север вдоль африканского побережья, образуя холодное Бенгельское течение. Вследствие этого характерным признаком горизонтальной структуры поля температуры вдоль побережья Африки является ориентация изотерм в север в соответствии с генеральным направлением переноса вод холодным Бенгельским течением. Апвеллинговые воды отделяются от вод открытого океана хорошо выраженным фронтом.

Результаты объемно-статистического анализа показали, что для верхнего 500-метрового слоя зоны апвеллинга наиболее характерна бимодальная структура водных масс (рисунок 2). Две основные моды прослеживаются в течение всего года. Первая мода характеризует воды с температурой 8 – 14°C, которые являются основным компонентом Южноатлантической центральной водной массы, поднимающейся к поверхности в прибрежных районах апвеллинга. Вторая мода представляет собой более теплую водную массу с температурой 16 – 22°C. Эта водная масса располагается в поверхностном 50-метровом слое с морской стороны фронта апвеллинга, и ее характеристики изменяются в фазе с изменчивостью теплового баланса [5]. Кроме того, осенью и зимой Южного полушария можно отметить появление третьей моды с температурой 6 – 7°C. Такие температуры обычно наблюдаются на верхней границе сильно трансформированной Антарктической промежуточной водной массы, которая в этот период поднимается ближе всего к поверхности.

Увеличение объема поверхностных и подповерхностных холодных вод в зоне апвеллинга отмечается весной Южного полушария (рисунки 2 – 4). В это время наблюдается ослабление фронтальной зоны апвеллинга и смещение ее в сторону Африканского берега (рисунок 5). В конце осени фронтальная зона апвеллинга наиболее удалена от берега, при этом интенсивность ее максимальна за счет увеличения контраста между прогретыми океаническими водами и вентилируемыми из глубин океана холодными апвеллинговыми водами. Интенсивность фронта апвеллинга в течение

года изменяется на 0,4°C/54 км. Внутригодовой размах его сезонных колебаний составляет 100 – 150 км. Величина максимального значения градиента температуры прямо пропорциональна удаленности фронтального раздела от Африканского побережья.

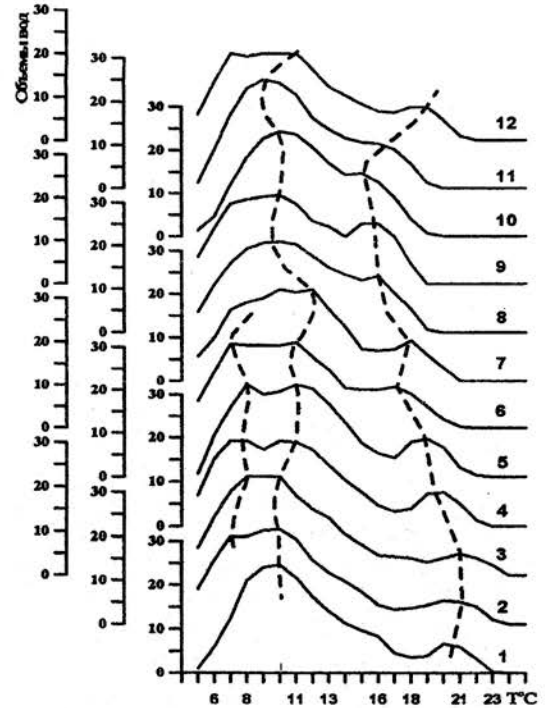


Рисунок 2 – Внутригодовое изменение объемов вод (ед.  $1.25 \times 10^{11} \text{ м}^3$ ) в слое 0 – 500 м между 24.75 – 25.25° ю.ш. и 5 – 15° в.д. по гидрологическим данным.

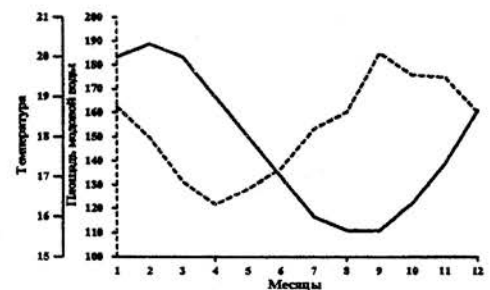


Рисунок 3 – Сезонная изменчивость площади (ед.  $2.5 \times 10^9 \text{ м}^2$ ) поверхностной модовой водной массы апвеллинга и ее средней температуры (°C) между 15 – 35° ю.ш. и 10° в.д. – берегом Африки по гидрологическим данным.

Во внутригодовом ходе площадей теплых поверхностных вод ( $>18^\circ\text{C}$ ) отмечают два максимума, наступление которых по мере увеличения диапазона температуры смещаются во времени к началу и концу года (рисунок 4).

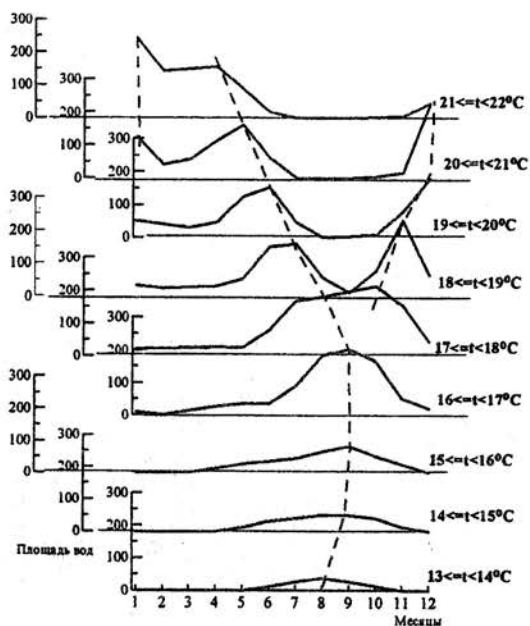


Рисунок 4 – Внутригодовая изменчивость площадей вод (ед.  $54 \times 54 \text{ км}^2$ ) на поверхности океана по спутниковым данным.

Их возникновение связано с увеличением на внешней стороне апвеллинга площади относительно однородной по температуре ( $18\text{--}21^\circ\text{C}$ ) водной массы, которая формируется перед началом зимнего охлаждения и летнего прогрева.

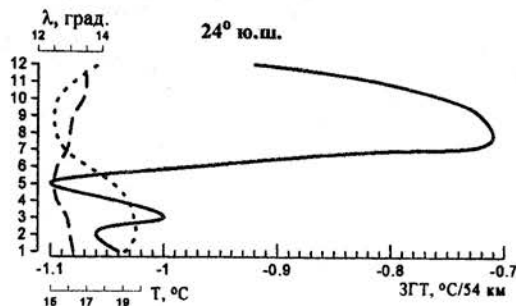


Рисунок 5 – Внутригодовой ход характеристик апвеллингового фронта в сечении параллели  $24^\circ$  ю.ш. Нижние оси – зональный градиент (сплошная линия) и температура (точки), левая ось – месяцы, верхняя ось – долготное положение (пунктир).

**Выводы.** Установлено, что для верхнего 500-метрового слоя зона апвеллинга характеризуется бимодальной структурой водных масс. Первая мода характеризует увеличение объема воды с температурой  $8\text{--}14^\circ\text{C}$ , которая является основным компонентом Южноатлантической центральной водной массы, поднимающейся к поверхности в прибрежных районах. Вторая мода представляет теплую поверхностную водную массу с температурой  $16\text{--}22^\circ\text{C}$ . Эта

вода располагается в поверхностном 50-метровом слое с мористой стороны фронта апвеллинга. Осенью и зимой Южного полушария появляется третья мода с температурой  $6\text{--}7^\circ\text{C}$ , которая связана с трансформированной Антарктической промежуточной водной массой.

Показано также, что увеличение объема поверхностных и подповерхностных холодных вод в зоне апвеллинга отмечается весной Южного полушария, когда наблюдается ослабление фронтальной зоны апвеллинга и наибольшее смещение ее в сторону берегов Африки. В конце осени фронтальная зона апвеллинга наиболее удалена от берега, при этом интенсивность ее максимальна за счет увеличения контраста между прогретыми океаническими водами и вентилируемыми из глубин океана холодными апвеллинговыми водами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. В.Н. Малинин, П.П. Чернышков, С.М. Гордеева. Канарский апвеллинг: крупномасштабная изменчивость и прогноз температуры воды. – С-Пб.: Гидрометеоздат, 2002. – 155 с.
2. А.М. Сирота, С.А. Лебедев, Е.Н. Тимохин, П.П. Чернышков. Использование спутниковой альтиметрии для диагноза промыслово-океанологических условий в Атлантическом и юго-восточной части Тихого океанов. – Калининград: АтлантНИРО, 2003. – 68 с.
3. П.П. Чернышков, А.М. Сирота, Е.Н. Тимохин. Структура и динамика вод в районах Канарского и Бенгельского апвеллингов в Атлантическом океане и их влияние на популяции пелагических рыб. – Калининград: АтлантНИРО, 2005. – 195 с.
4. П.П. Чернышков, Г.Н. Андрианов, А.В. Зимин, И.А. Полищук, А.В. Ремесло, А.М. Сирота, Е.Н. Тимохин, В.Н. Шнар, К.Е. Шульговский. Методы многомерного статистического анализа в промыслово-океанологических исследованиях. – Калининград: АтлантНИРО, 2004. – 193 с.
5. Ю.В. Артамонов, Н.П. Булгаков, П.Д. Ломакин, Е.А. Скрипалева, Н.А. Тимофеев, А.В. Юровский. Распределение и сезонная изменчивость внешнего теплового баланса и его составляющих на поверхности Атлантического океана. Препринт. – МГИ НАН Украины, Севастополь, 2004. – 50 с.