

УДК 595.383.3:57.045(99)

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АНТАРКТИЧЕСКОГО КРИЛЯ (*EUPHAUSIA SUPERBA* DANA) МЕТОДАМИ ГИС

© 2008 Д.А. Донченко

Волгоградский архитектурно-строительный университет, г. Волгоград

В статье рассматривается применение геоинформационного подхода в изучении влияния гидрометеорологических факторов на распределение и размерный состав антарктического криля. Используются данные дистанционного зондирования, а также материалы натурных съемок АтлантНИРО и ВНИРО за последние 30 лет. Проводится сравнение полученных результатов с полученными ранее зарубежными и отечественными авторами.

### Введение

Периодичность или квазипериодичность присуща многим океанологическим процессам и обусловлена как периодическим воздействием внешних сил, так и периодическим характером свободных колебаний. Межгодовые колебания этих процессов определяются межгодовой изменчивостью процессов в атмосфере, а также влиянием солнечных и геофизических сил, действующих непосредственно на воды океанов и морей. Особое воздействие эти колебания оказывают на распределение и численность биомассы промысловых гидробионтов. В работах отечественных и зарубежных авторов отмечается прямая зависимость между периодичностью гидрометеорологических процессов и сезонных циклов миграции и питания промысловых видов [14, 19].

Определение взаимного влияния абиотических факторов и флуктуаций экосистемы антарктического криля стало одной из важнейших задач многих исследователей, занимающихся проблемами видового и промыслового разнообразия Южного океана.

В основе исследований многих ученых [3, 11, 22] лежит взаимосвязь между метеорологическими и гидрологическими процессами и, как следствие, распределением антарктического криля. Поэтому в данной работе использовались значения аномалий ТПО и атмосферного давления, между которыми наблюдается прямая зависимость.

Целью работы было выявление взаимосвязи между распределением и размерным составом антарктического криля и гидрометеорологическими параметрами в антарктической части Атлантики за период с 1972 по 2005 г. Для анализа были выбраны районы 48.1 (Южные Шетландские острова), 48.2 (Южные Оркнейские острова), 48.3 (о. Южная Георгия) и 48.4 (южные Сандвичевы острова) (по классификации CCAMLR) как интенсивно используемые для промысла антарктического криля [6].

### Используемые материалы и методы

Для разработки географической информационной системы (ГИС) были использованы данные и материалы по району антарктической части Атлантики, собранные в научно-исследовательских экспедициях АтлантНИРО, Запрыбпромразведки и других рейсах в период с 1963 по 2003 г.

В обработке материалов и анализе применен геоинформационный подход, включающий в себя управление и обработку пространственно распределенных данных (геоданных).

В качестве основы для создания ГИС использовались программные продукты компании ESRI (Environment System Research Institute) ArcView GIS 9.2, включающий в себя ArcCatalog и дополнительный модуль обработки пространственных данных Spatial Analyst. Расчет повторяемости гидрометеоро-

логических характеристик проводился в программном продукте Statistica 6.0.

Данные по температуре поверхности океана (ТПО) были взяты из массива Reynolds SST, который представляет из себя объединенные данные судовых и буйковых наблюдений, а также спутниковой информации. Данные по ТПО имеют пространственное разрешение  $1^\circ \times 1^\circ$  [16-18].

На основе полей распределения температуры были получены средние многолетние значения распределения температуры за каждый месяц в период 1982-2005 г.г. Пространственное распределение данных ограничено районом  $5-71^\circ$  з.д. и от  $50-70^\circ$  ю.ш.

Данные по атмосферному давлению на уровне моря были получены из массива реанализа гидрометеорологической информации, сформированного в National Center for Environmental Prediction / National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR). Проект реанализа содержит гидрометеорологическую информацию, полученную с помощью восстановления и ассимиляции наземных, судовых, авиационных, спутниковых и других метеорологических наблюдений с 1949 г. по текущее время [10]. В данной работе использовались пересчитанные среднемесячные поля атмосферного давления в узлах географической сетки  $1^\circ \times 1^\circ$  с 1973 по 2005 г. и ограниченные по пространству от  $1-71^\circ$  з.д. и от  $43-75^\circ$  ю.ш. По имеющимся материалам были получены средние многолетние значения распределения давления за каждый месяц.

Данные спутниковой альтиметрии (аномалии уровня поверхности океана) были получены из центра AVISO (Центр по хранению, верификации и интерпретации спутниковых океанографических данных). Массив аномалий уровня, разработанный AVISO, содержит объединенные поля аномалий уровня океана (АУО), рассчитанные по данным спутников TOPEX/Poseidon и ERS-2 с 14.10.1992 г. с пространственным разрешением  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ . Расчет АУО выполнен с помощью объективного пространственно-временного анализа. Для расчета АУО для каждой даты использу-

ются данные за 6 недель, однако наибольший вес при анализе придается информации за ближайшие две недели [7, 8, 13].

Первичная обработка данных, проведенная в центре AVISO, включает в себя стандартную коррекцию данных альтиметра на атмосферные эффекты, поправку обратного барометра, удаление средней поверхности океана и эффектов приливов. Карты получены путем обработки геофизических записей M-GDR спутника TOPEX/Poseidon [7] и данных OPR спутника ERS-2 [8]. К аномалиям уровня океана была применена стандартная геофизическая и атмосферная коррекция [9, 13].

Данные, распределенные вдоль спутниковых треков и по 9-дневным циклам, были проинтерполированы в узлах одноградусной сетки и осреднены с месячной дискретностью [12]. Пространственное распределение данных имеет ограничение в пределах  $17-76^\circ$  з.д. и  $55-63^\circ$  ю.ш.

Уровень океана, рассчитанный по данным спутниковой альтиметрии, несет в себе информацию о поле динамической топографии. Однако он отличается от привычных результатов расчетов по глубоководным гидрологическим данным или результатам модельных расчетов, так как он измеряется относительно отсчетного эллипсоида, связанного с центром масс Земли. Поэтому изменчивость динамической топографии изучалось по АУО относительно средней морской поверхности, рассчитанной по многолетним данным спутниковой альтиметрии. Для восстановления синоптического поля динамической топографии использовалась суперпозиция поля средней климатической динамической топографии и АУО [1].

Среднеклиматическая динамическая топография относительно уровня 1000 м рассчитывалась по средним многолетним данным температуры и солености из атласа Levitus-2003 и прибавлялась к значениям АУО для каждого цикла. Полученные карты интерпретировались как карты динамической топографии поверхности океана за 7-дневный период [1].

## Результаты и их обсуждение

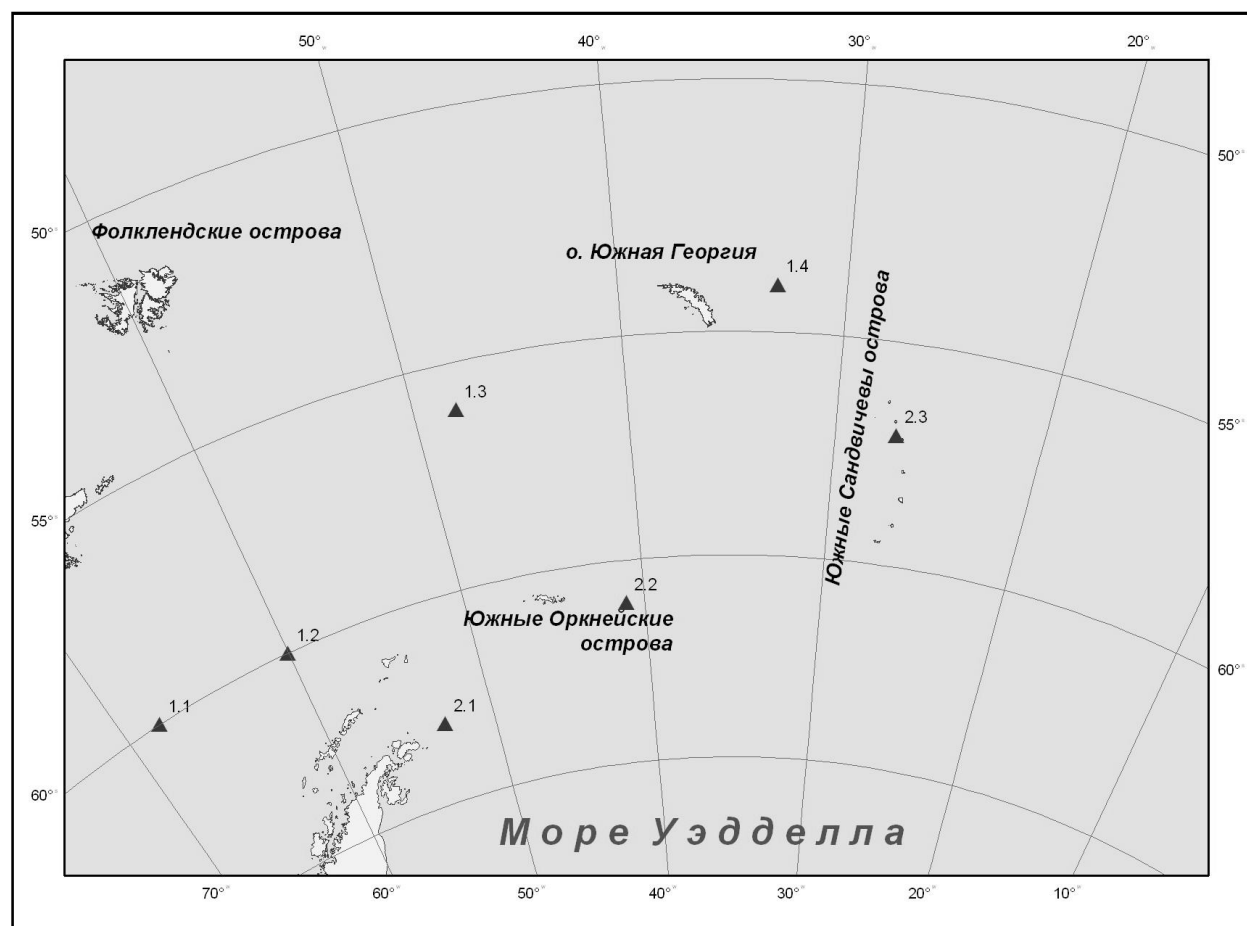
Основными элементами крупномасштабной динамики в АЧА являются Антарктическое циркумполярное течение (АЦТ) и субполярный циклонический круговорот Уэдделла (КУ). Именно эти зоны являются путями переноса и формирования промысловых скоплений криля. Было отобрано 7 точек находящихся в районах, характеризующихся наиболее активным проявлением АЦТ и КУ [5] (рис. 1 и 2).

В данных точках взяты значения полей аномалии ТПО, атмосферного давления у поверхности воды и значения динамических высот. Полученные данные сглажены мето-

дом скользящего среднего. В результате спектрального анализа были выделены повторяемости значений по каждому параметру.

Полученные результаты позволяют выделить повторяемость условий среды (таблицы).

Четко выделяются периоды в 4-5 лет в аномалиях температуры поверхности воды и атмосферного давления у поверхности воды в зоне АЦТ и 3-4 года – в зоне КУ. Значения периодичности динамических высот во всех контрольных точках за период с 1992 по 2006 г. являются одинаковыми и составляют 2,5 года.



**Рис. 1.** Контрольные точки отбора значений (1.1-1.4 – район Антарктического циркумполярного течения, 2.1-2.3 – район круговорота Уэдделла)

Аналогичный результат был получен в работах зарубежных исследователей по полям атмосферного давления и ТПО [11, 20], однако в их работах использовались поля распределений в период с 1957 по 1985 г. и более грубое пространственное разрешение ис-

пользуемых данных.

## Разница представленных результатов и в методиках обработки данных.

Для расчета периодичности использовался одномерный анализ Фурье, который дает

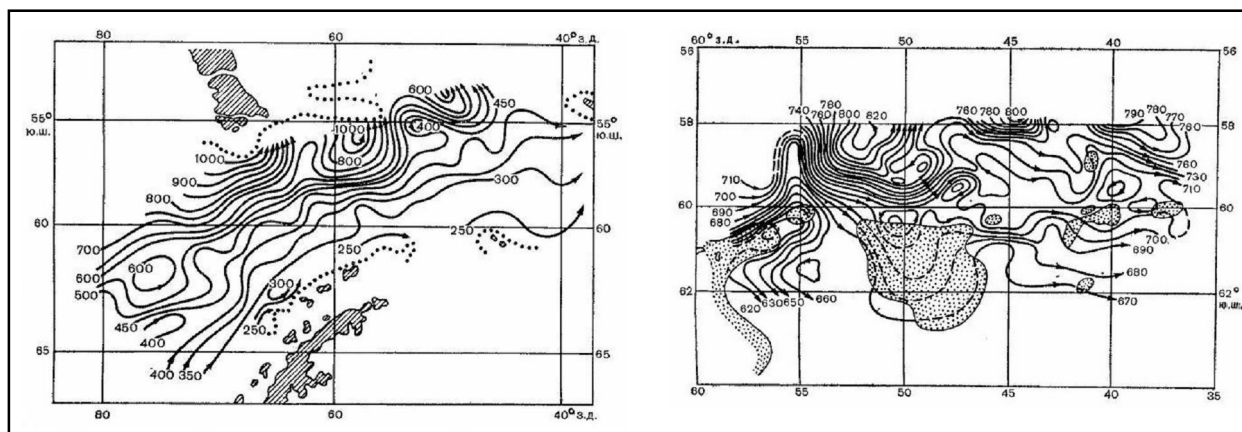


Рис. 2. Динамическая топография поверхности в районе пролива Дрейка (слева) и южной части моря Скотия (справа)

Таблица. Повторяемость гидрометеорологических показателей в АЧА

Точки в зоне АЦТ	Повторяемость, лет (мес.)		
	Аномалии ТПО	Аномалии атм. давления	Динамические высоты
1	4,5 (55)	2,5 (31)	2,5 (31)
2	4,5 (55)	2,5 (31)	2,5 (31)
3	4,5 (55)	4 (45)	2,5 (31)
4	4 (46)	4 (45)	2,5 (31)
Точки в зоне КУ			
1	3 (35)	3 (34)	2,5 (31)
2	3 (35)	3 (31)	2,5 (31)
3	4 (46)	4 (46)	2,5 (33)

более точный результат, нежели картографическая визуализация [21].

Для сравнительного анализа размерного ряда антарктического криля и межгодовой изменчивости гидрометеорологических характеристик были выбраны 1979, 1984-1985, 1990-1991, 1995-1996 гг., характеризующиеся наиболее ярким проявлением периодичности значений в точке 2.2. Рамкой выделены периоды, выбранные для анализа (рис. 3 и 4).

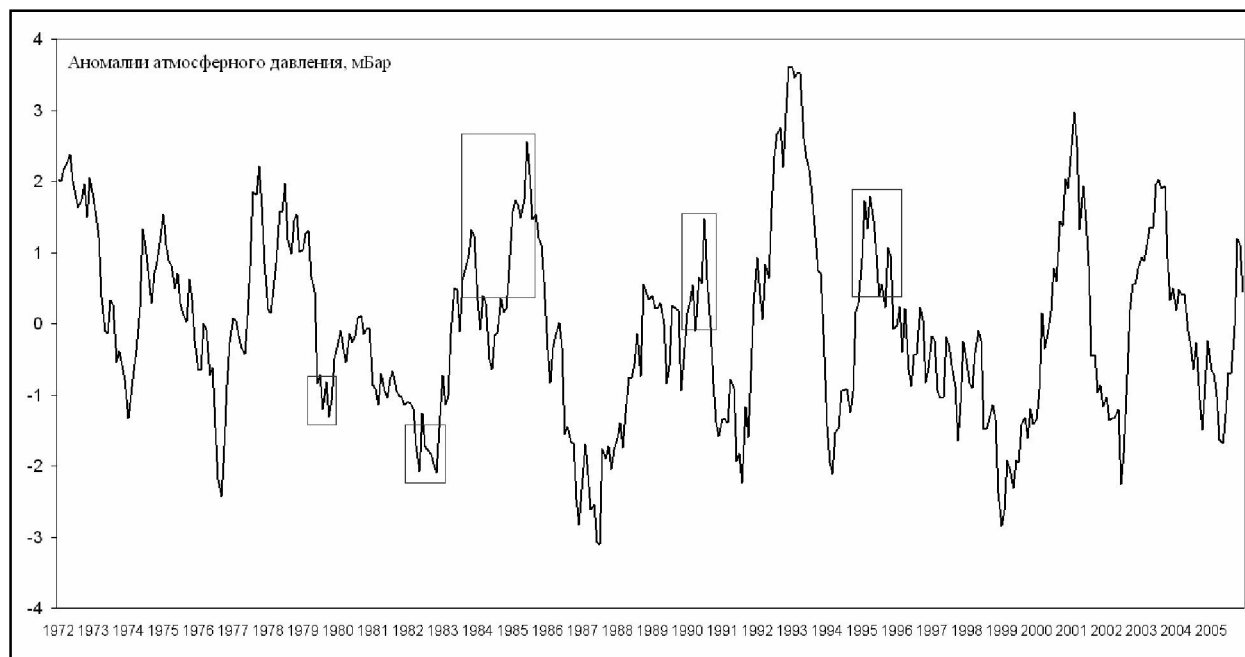
Для указанных временных периодов были построены карты распределения размерного ряда криля (рис. 7 и 8).

Был отмечен тот факт, что размеры особей криля значительно больше в периоды положительных значений аномалий атмосферного давления и ТПО (1984-1985, 1990-1991, 1995-1996 гг.). В периоды преобладания отрицательных аномалий гидрометеорологических характеристик, размерный ряд вылавливаемого криля был меньше средне-многолетних значений (1979-1980, 1982-1983

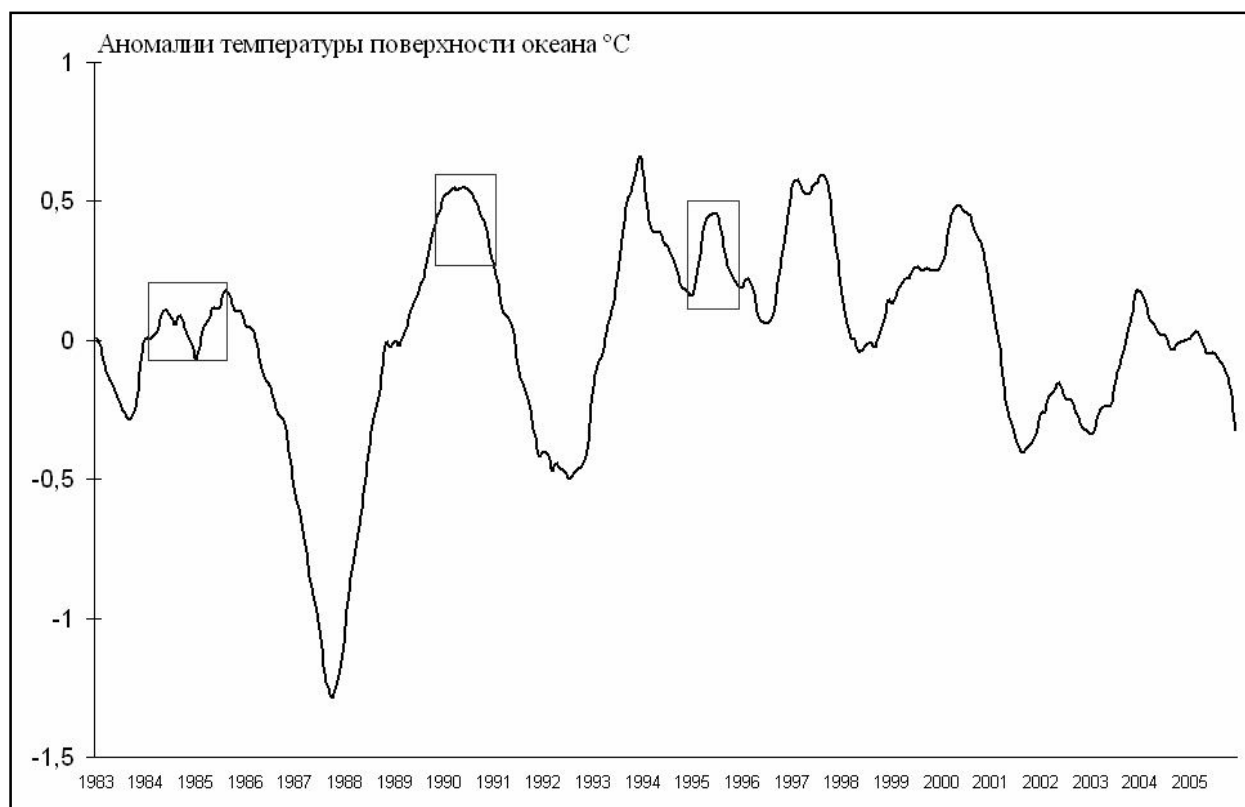
гг.).

Полученные результаты согласуются с гидрологическим режимом в исследуемых районах в период наблюдений. Положительные аномалии ТПО совпадают с активным переносом водных масс АЦТ, что связано с усилением западных зональных переносов, а отрицательные – с усилением круговорота Уэдделла и преобладанием южных меридиональных переносов воздушных масс (рис. 5 и 6).

Кроме того, полученные в ходе исследования данные позволяют провести сопоставительный анализ полей распределения различных гидрометеорологических характеристик и карт распределения и скопления промысловых гидробионтов с целью проведения эффективного и научно обоснованного промысла. Вылов в годы с положительными значениями аномалий и, соответственно, большими скоплениями антарктического криля в промысловых районах экономически выгоднее проводить большим числом судов, неже-



**Рис. 3.** Межгодовой ход аномалий атмосферного давления в точке 2.2, мБар (зона круговорота Уэдделла)

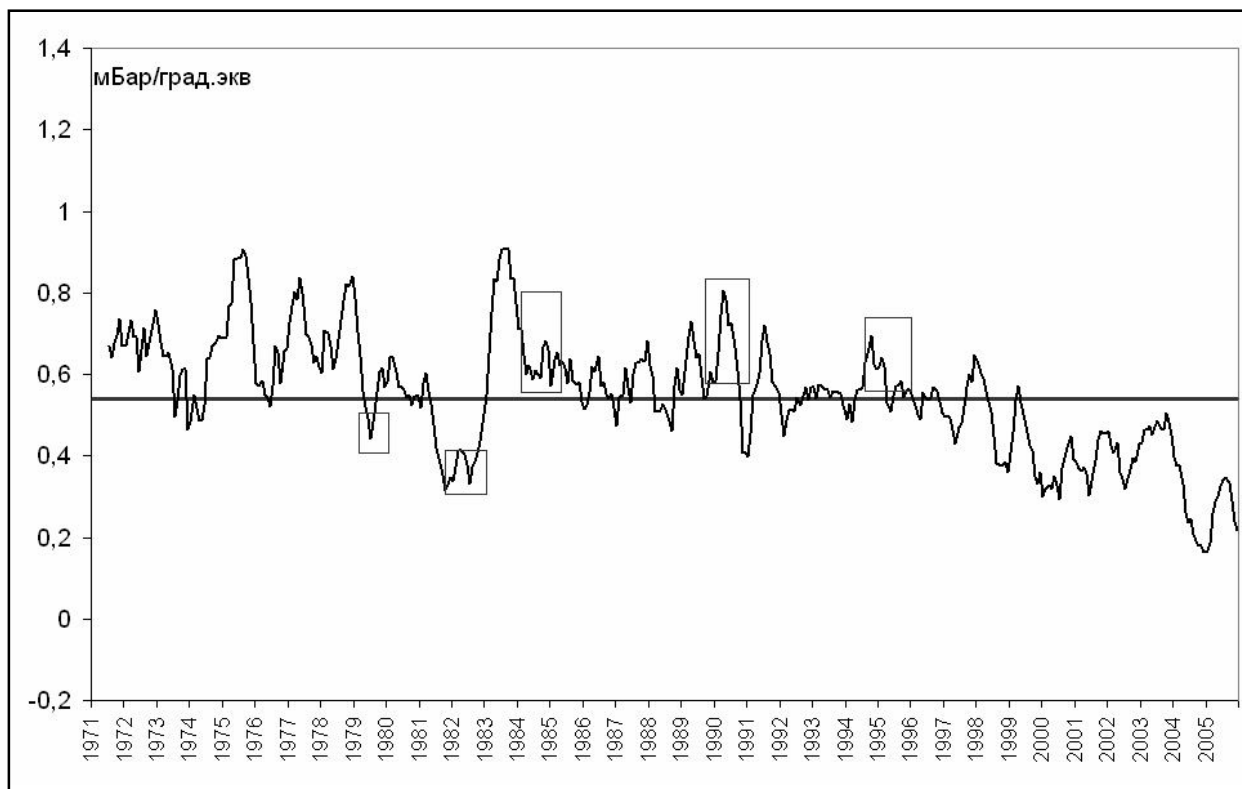


**Рис. 4.** Межгодовой ход аномалий температуры поверхности океана в точке 2.2, °C (зона круговорота Уэдделла)

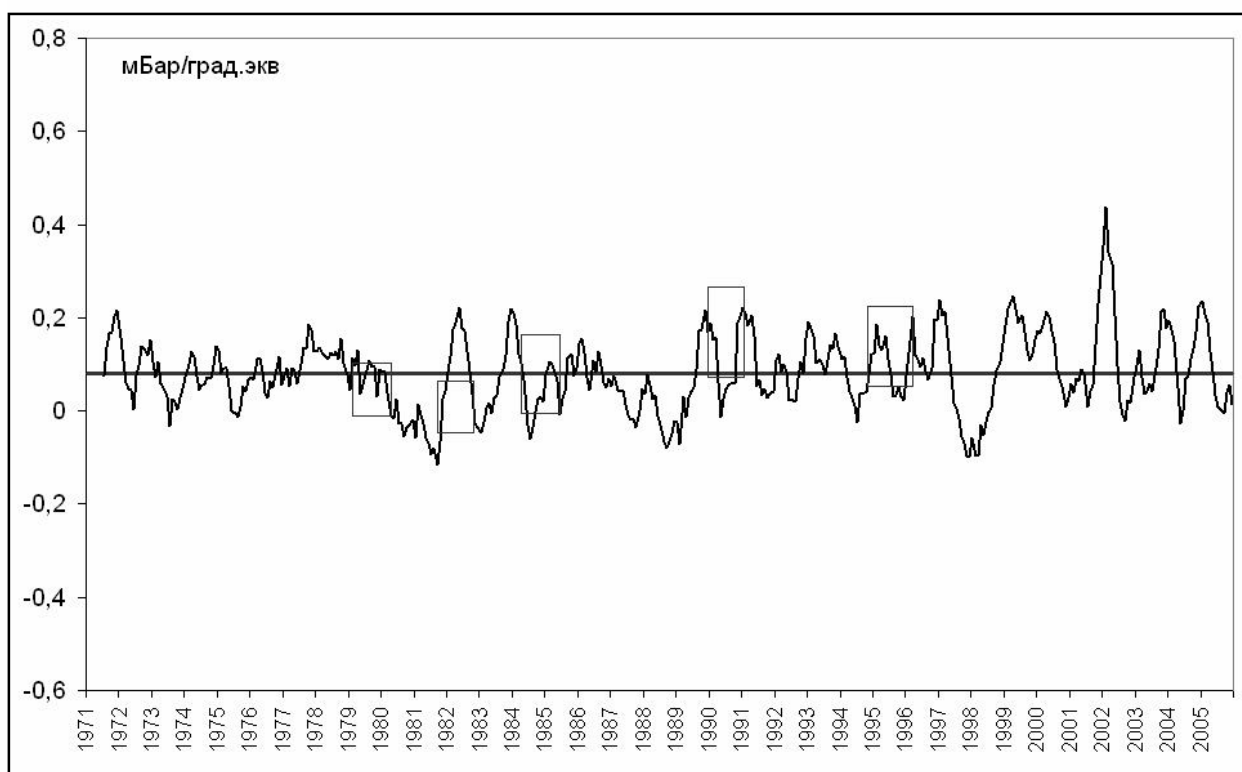
ли в годы популяционной регрессии.

Флуктуации экосистемы криля позволяют оценить состояние экосистем других гидробионтов, активно им питающихся, таких как киты и пингвины [2]. Роль криля в пищевых

связях Антарктики чрезвычайно велика, поскольку он является основным звеном трофических цепей Южного океана. Через него проходит передача энергии от низшего трофического уровня (фитопланктон) к высшему



**Рис. 5.** Межгодовой ход градиентов зональных переносов в точке 2.2, мБар/град.экв. Горизонтальной линией показано среднемноголетнее значение



**Рис. 6.** Межгодовой ход градиентов меридиональных переносов в точке 2.2, мБар/град.экв. Горизонтальной линией показано среднемноголетнее значение

(киты). Криль – основа питания практически всех пелагических рыб, китов, тюленей-крабоедов, пингвинов и трубконосых птиц, головоногих моллюсков и др. Исключитель-

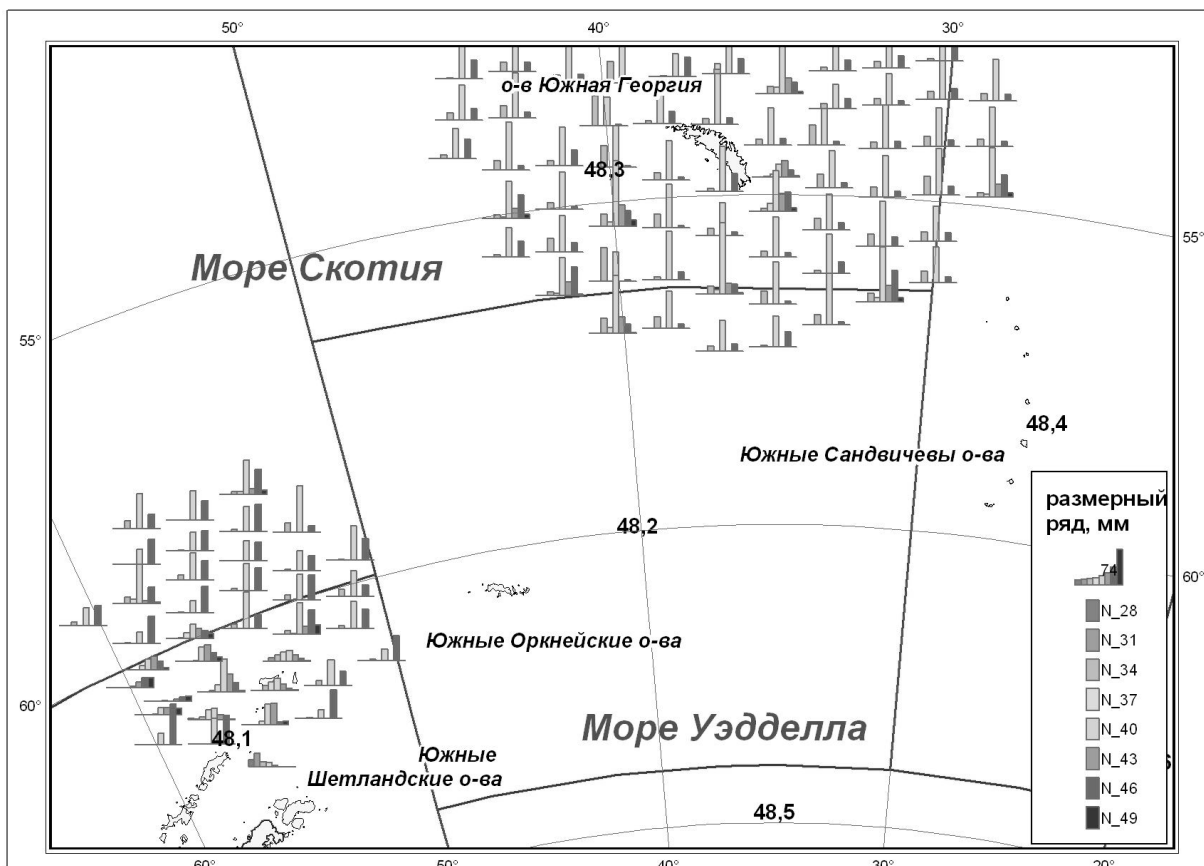


Рис. 7. Распределение размерных рядов антарктического криля по результатам рейса Волжанин-Салехард (1979 г.)

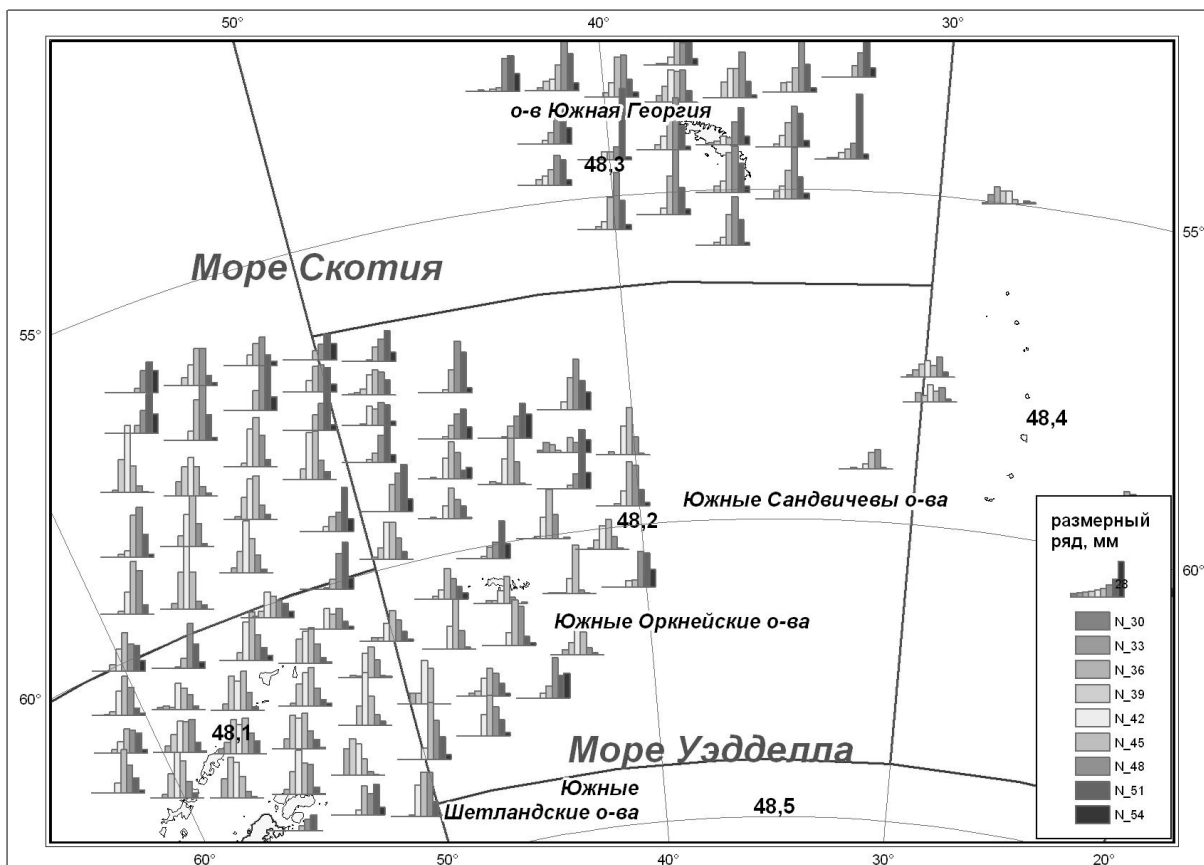


Рис. 8. Распределение размерных рядов антарктического криля по результатам рейса Волжанин-АтлантНИРО (1990 г.)

ное качественное обилие криля определяет его значение как основной пищи китов и как главного объекта промысла. Поэтому необходимость сохранения популяции криля является одной из важнейших задач сбережения морской экосистемы Антарктики [6, 14].

### Заключение

В результате пространственного и геостатистического анализов были выделены повторяемости межгодовых гидрометеорологических показателей в зоне круговорота Уэдделла и Антарктического циркумполярного течения.

Представленные ранее результаты [21] доказали существование Антарктической циркумполярной волны, однако расчеты в их ра-

ботах были проведены по аномалиям ТПО и атмосферного давления в период с 1983 по 1993 г. по полугодовым аномалиям, что значительно сгладило сезонный ход.

В данной работе анализ материалов проводился по отдельным промысловым районам, в результате чего удалось установить повторяемости характеристик в небольших регионах Антарктического сектора Атлантики.

### Благодарности

Автор выражает искреннюю благодарность сотрудникам АтлантНИРО к.г.н. И.Л. Глезу и к.г.н. В.Н. Шнару, а также сотруднику ВНИРО д.г.н. В.В. Масленникову за помощь при подготовке материалов статьи.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лебедев С.А. Возможности спутниковой альтиметрии при исследовании синоптической изменчивости динамики поверхности океана // Проблемы и перспективы: Тез. докл. XII Междунар. конф. по промысловой океанологии. Калининград, 2002.
2. Любимова Т.Г., Шуст К.В. Оценка уровня потребления антарктического криля основными группами консументов. // Биологические ресурсы антарктического криля: Сб. науч. тр. ВНИРО. М.: ВНИРО, 1980.
3. Макаров Р.Р., Масленников В.В., Солянкин Е.В., Шевцов В.В. Особенности количественного распределения и условия образования скоплений *Euphausia superba* Dana на примере некоторых районов атлантического и тихоокеанского секторов Южного океана. // Биологические ресурсы антарктического криля. Сб. науч. тр. ВНИРО. М.: ВНИРО, 1980.
4. Масленников В.В. Климатические колебания и морская экосистема Антарктики. М.: ВНИРО, 2003.
5. Саруханян Э.И., Смирнов Н.П. Водные массы и циркуляция Южного океана. Л.: Гидрометеоздат, 1986.
6. Шульговский К.Е. Крупномасштабная изменчивость океанологических условий в западной части Атлантического сектора Антарктики и ее влияние на распределение криля. Калининград: АтлантНИРО, 2005.
7. AVISO/Altimetry. AVISO User Handbook for Merged TOPEX/POSEIDON products // AVINT-02-101, Edition 3.0. 1996.
8. CERSAT. Altimeter and Microwave Radiometer ERS Products User manual // C2-MUT-A-01-IF. 1996.
9. Dorandeu, J., Le Traon P.Y. Effects of Global Mean Pressure variations on Sea Level changes from TOPEX/POSEIDON // J. Atmos. Oceanic Technol., 16.
10. Kalnay E., Kanamitsu M. et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project // Bul. of the Amer. Meteorol. Soc. V. 77, № 3.
11. Kaufeld L. Variability of the atmospheric circulation over the Drake Passage, Scotia sea and Weddell sea // Antarctic ocean and resources variability. 1988,
12. Koblinsky C.J., Ray R.D. et al. NASA ocean altimeter Pathfinder project report 1: Data processing handbook, NASA/TM-1998-208605. 1998.
13. Le Traon P.Y., Ogor F. ERS-1/2 orbit improvement using TOPEX/POSEIDON: the 2 cm challenge // J. Geophys. Res. 1998. V. 103.
14. Mackintosh N.A. Life cycle of Antarctic krill in relation to ice and water condition // Discovery Rep. 1972. V. 36.
15. Priddle J., Croxall J., Everson I. et al. Large scale fluctuations in distribution and abundance of



- krill – a discussion of possible causes // Antarctic ocean and resources variability. 1988.
16. *Reynolds, R.W.* A real time global sea surface temperature analysis // *J. Clim.*, 1988. V. 1.
17. *Reynolds, R.W. and Smith, T.M.* Improved global sea surface temperature analysis using optimum interpolation. *J. Clim.*, 7. 1994.
18. *Reynolds R.W., Marsico, D.C.* An improved real time global sea surface temperature analysis // *J. Clim.* 1993. V. 6.
19. *Sahrage D.* Some indications for environmental and krill resources variability in the Southern ocean // Antarctic ocean and resources variability. 1988
20. *White W.B., Ray G. Peterson.* An Antarctic circumpolar wave in surface pressure, wind, temperature and sea-ice extend // *Nature.* 1996. V. 380.
21. *White W.B., Shyh-Chin Chen.* Thermodynamic mechanisms responsible for the tropospheric response to SST anomalies in the Antarctic Circumpolar Wave // *J. of Climate.* 2002.

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
STUDING OF INFLUENCE HYDROMETEOROLOGY INDEX TO ANTARCTIC  
KRILL (EUPHAUSIA SUPERBA DANA) DISTRIBUTION BY GIS METHODS**

© 2008 D.A. Donchenko

Volgograd architectural-construction university, Volgograd

We consider GIS using in studying hydrometeorology-krill characteristics and distribution relationship. Satellite and natural data from last 30 years were used. Natural data belong to AtlantNIRO and VNIRO cruise. It's make a comparison of received results with available.