

## **Синоптический экосистемный мониторинг, как методологическая основа сырьевых исследований в Северо-Восточной Атлантике**

Шатохин Б.М., Гомонов А.Д., Гула Е.И., Цикалс М.К. (ФГУП «Нацрыбресурс»),  
Клочков Д.Н., Добровольский А.И. (НПК «Морская информатика»),  
Борисов В.М., Ванюшин Г.П., Котенев Б.Н. (ФГУП «ВНИРО»)

Исследования, выполненные в ходе выполнения Программы комплексных ресурсных исследований открытых районов СВА, 2002-2006 гг. позволили сформулировать и разработать методические основы синоптического промыслово-экологического мониторинга по изучению:

- влияния гидрофизических процессов – естественных синоптических периодов-циклов (ЕСП) на развитие биологических фаз состояния промысловых объектов;

- особенностей развития гидрометеорологических процессов, с выделением элементарных фаз их развития (фактически рассмотрение океанической погоды!);

- развития особенностей гидрофизических, биологических и промысловых процессов, определяющих, как эволюционное развитие синоптических гидрофизических структур, так и их скачкообразные изменения, что определяет формирование зон повышенной биологической и рыбопромысловой продуктивности и их пространственно-временные сдвиги;

- впервые в практике сырьевых исследований апробирован системный подход к изучению океанологической и биологической роли синоптической изменчивости океана, которая в некоторых случаях превосходит сезонную изменчивость (т.е. заложить основы экосистемной океанографии).

### **Исходный материал**

Материалы настоящей статьи основаны на новом направлении отраслевых сырьевых исследований – комплексном синоптическом мониторинге природо-производственной системы «биообъект-среда-промысел».

Они собраны на 20 промысловых судах, участвовавших в реализации указанной «Программы...». При этом проанализировано более 10 тысяч тралений, промерено более 260 тыс. экз. рыб, биологические показатели исследованы у более чем 30 тыс. экз. рыб.

Данные по среде получены по спутниковым и авиационным наблюдениям за ТПО и уровнем океана. Используются базы данных по атмосферной погоде северного полушария.

### **Методические основы синоптического мониторинга морских экосистем и рыбопродуктивности**

Результаты предшествующих исследований (Гирс, 1978) выявили следующие основополагающие свойства естественных синоптических циклов в атмосфере:

1) Атмосферные синоптические элементарные циклы являются макроциркуляционными процессами, единовременно протекающими на полушарии или большей его части, т.е. являются глобальными;

2) элементарные синоптические циклы характеризуются внутренней устойчивостью, сохраняя тенденцию определенного знака изменчивости ряда своих характеристик;

3) в течение элементарного синоптического цикла сохраняется тенденция определенного знака изменчивости гидрологических характеристик;

4) элементарные синоптические циклы обладают преемственностью своего развития.

Продолжительность элементарных синоптических циклов меняется от 2 до 10 суток, большей частью составляя 3-5 суток. В течение этого времени выдерживается совершенно определенная направленность в развитии синоптических процессов. Затем, за 1-2 суток происходит полная перестройка процессов, которая приводит к формированию другого типа циркуляции атмосферы, отличающегося уже иным направлением и интенсивностью переноса циклонов и расположением антициклонов. «В каждый данный момент элементарный циркуляционный механизм

обеспечивает преобразование потенциальной энергии в кинетическую, перераспределение ее в атмосфере и образование воздушных потоков. Возникающие и накапливающиеся при этом в разных районах контрасты с подстилающей поверхностью и условиями лучистого нагревания и равновесия в данном месте при достижении критического уровня быстро, «скачком» разрушаются. Вступает в действие новый элементарный циркуляционный механизм», как указывал Б.Л.Дзерзиевский (1968).

Дальнейшим и очень важным, с нашей точки зрения, для промыслово-океанологических приложений явились исследования, которые показали связь метеорологических и гидрофизических циклов, выявив семь типов элементарных циклов в океане с определенным комплексом гидрофизических условий, куда входят циркуляция вод и термогалинные поля, характер и перемещение ледового покрова, а также колебания уровня.

Особенно большой интерес представляет то, что смена элементарных циклов в океане и атмосфере в половине всех рассмотренных случаев происходила в один и тот же день, в 43% случаев она не превышала одни сутки и только 7% случаев достигали двух суток.

Анализ синоптической изменчивости с целью выявления ее общих закономерностей для различных пространственно-временных масштабов лучше всего проводить на основе спектрального анализа. Здесь мы приведем основные результаты исследований по различным районам океана, включая также собственные результаты исследований. Приведем основные результаты разложения синоптического диапазона частот в спектр. Исходными данными при этом служат материалы разных видов наблюдений: факсимильные карты температуры поверхности океана (ТПО) ежедневного осреднения, ежедневные карты характеристик верхнего термоклина различных исследователей (Фукс, 2002), а также наши собственные результаты приводятся в таблице 1.

Таблица 1

Синоптические характеристики различных районов Мирового океана

	Глубина	Характеристика	Энергонесущая зона (сутки)	Примечание

Гольфстрим	0	Поле ТПО	3-5, 7-10, 12-16, 25-30	
Курисио	0	Поле ТПО	3,5-4,5; 5-7, 8-9, 10-11, 13-18, 21-31	
Гольфстрим	0	Смещение термического фронта	4-6, 7-8, 10-13, 23-25	
Курисио	0-100	Глубина верхнего термоклина	4-8, 12-15, 25-30	
ЮЗА (Юго-Зап.Атл.)	0	Зональная составляющая течения	2,5; 5; 10	
Северная Атлантика Норвежское море	0	Аномалия уровневой поверхности океан	3-5	Результаты собственных исследований

Сравнение спектральных характеристик-диапазонов энергонесущих частот показывает достаточно хорошее сходство этих общих закономерностей по различным районам океана. Можно констатировать, что в районах присутствуют составляющие синоптической изменчивости с периодами порядка месяца, полумесяца и 4-5-ти суточной изменчивости.

Крайне важен в практическом отношении вопрос о взаимосвязи колебаний в различных точках района. Когерентность колебаний может быть принята за оценку степени устойчивости отклонения этих колебаний от среднего по пространству. Чем выше устойчивость, т.е. чем стабильнее по пространству временные параметры флуктуаций (период, частота), тем выше возможность установления пространственных прогностических связей.

Приведем характеристики устойчивости (только с точки зрения когерентности!) в различных диапазонах. Эти оценки очень важны для практических промыслово-океанологических приложений, т.к. это позволяет проследить наши возможности при построении прогностических моделей промысловой обстановки для различных пространственно-временных масштабов.

Наиболее устойчивые – «месячные» флуктуации (период от 21 до 31 суток) тяготеют к основной струе течения. Местами когерентность достигает

значений 0,7-0,8, области устойчивых колебаний совпадают с областями значительных амплитуд.

Устойчивость «полумесячных» флуктуаций (период 13-18 суток) значительно ниже, чем месячных. В среднем не выше 0,3. В данном диапазоне области повышенной когерентности с областями наибольших амплитуд не совпадают. Зона высоких значений устойчивости расположена вне основных струй течений.

Устойчивость всех остальных составляющих изменчивости в среднем не выше 0,3 и достигает в отдельных пунктах 0,5-0,6.

Минимальной устойчивостью обладают «четырёхсуточные» колебания (период 3,5-4,5), т.е. колебания, обусловленные метеорологической изменчивостью аperiodических колебаний естественных циркуляционных механизмов.

*Этот основной вывод накладывает специфические требования на изучение механизмов изменчивости в этом диапазоне, т.к. по результатам проведенных нами исследований именно этот диапазон определяет основную изменчивость промысловой обстановки на всех пелагических промыслах.* Специфику при этом составляют особенности колебаний амплитуд этой изменчивости для различных районов. Это, в свою очередь, составляет одно из направлений наших исследований.

Как упоминалось выше, исследование явлений синоптического масштаба в океане связано с определенными трудностями. Основными из них является требование длительных, непрерывных наблюдений с дискретностью пространственно-временного масштаба, позволяющей выявить синоптические процессы во всем частотном диапазоне. Наибольшие трудности представляет исследование низкочастотного диапазона (периоды от 1 до 10 суток).

Спутниковые наблюдения высокого разрешения дают возможность измерять в масштабе квазиреального времени ТПО, хлорофилл и рельеф уровня поверхности океана.

Эти возможности создают фактологическую основу для развития экосистемной океанографии.

Использование дистанционных средств наблюдения океана, а также спутникового мониторинга по автоматизированному слежению за перемещением промысловых судов (включая определение координат выполняемых тралений) обеспечило создание необходимой высокоточной и регулярной информационной основы для исследования влияния низкочастотной (короткопериодной) изменчивости гидрофизических и метеорологических процессов на формирование зон повышенной биопродуктивности океана и оценки биомассы скоплений.

Совместное использование на системной основе данных наблюдений за изменчивостью состояния рельефа аномалий уровня поверхности океана (по альтиметрическим спутниковым данным), биолого-промысловых наблюдений на промысловых судах, комплексных данных авианаблюдений (хлорофилл, прозрачность, температура поверхности океана, лидарография поверхностного слоя и др.) и данных научно-исследовательских судов, обеспечило принципиально новое качество мониторинга – возможность проведения исследований формирования закономерностей явлений синоптического масштаба (от 1 суток до 10-ти суток). При этом наиболее важно то, что проведение регулярных ежегодных морских «полигонов» в СВА, наряду с разработкой вихреградиентных моделей оценки зон вергенций, позволило решить ряд принципиальных вопросов о механизмах формирования зон повышенной и потенциально повышенной биологической и рыбопромысловой продуктивности (Шатохин и др., 2002; Шатохин, 2003, 2004).

На основе полученных результатов исследований были разработаны информационные технологии синоптического мониторинга изменчивости состояний потенциально продуктивных зон в квазиреальном масштабе времени. Эти технологии прошли внедрение на промысловых судах ряда флотов Западного и Северного бассейнов и ежегодно использовались в практике информационного обслуживания промысла скумбрии, окуня, сельди и путассу в Северо-Восточной Атлантике.



## *Механизмы образования зон повышенной биологической и рыбопромысловой продуктивности в Северо-Восточной Атлантике*

Проблема распределения кормового планктона в динамических образованиях синоптического масштаба представляет интерес как с чисто биотических позиций, так и с точки зрения промысловых приложений, прежде всего при поиске промысловых скоплений рыбы (Парсонс и др., 1982; Бочаров, 1990; Шатохин и др., 2002).

Известно, что планктон, несмотря на значительные суточные вертикальные миграции и некоторую горизонтальную подвижность отдельных видов зоопланктона, переносится течениями, и перенос планктона может быть представлен как «перенос пассивной примеси».

Среди вопросов, связанных с этой проблемой, особый интерес представляет изучение условий образования повышенной концентрации планктона в вихрях и низкочастотных волнах как доминирующих динамических образованиях синоптического масштаба.

Благодаря развитию дистанционных методов альтиметрических измерений уровня океана в синоптическом масштабе на значительных акваториях, появилась возможность получения оценки изменчивости течений, зон их вергенций, темпов адвекции и расчета многих других океанологических характеристик.

Для решения различных прикладных задач промысловой океанологии представляется важным ответ на вопрос: «В какой степени выявляемые на картах рельефа уровенной поверхности океана основные структурные элементы (вихри) отвечают сложившимся представлениям о динамике вод в районах промысла, и ее влиянии на распределение и поведение гидробионтов?».

С этой целью были проанализированы карты аномалий уровенной поверхности и распределения температуры на различных горизонтах.

На рис.1 приводится вертикальный разрез на галсе по  $68^{\circ}20'$  гидроакустической съемки НИС «Смоленск», выполненный в период с 08.07. по 17.07.2003 г. На графике хорошо видно соответствие зоны опускания вод в области антициклона положительным значениям аномалий уровня. Зона

подъема вод соответствует отрицательным значениям аномалий уровня – области циклона. То же представлено на рис.2 для другого разреза по 67°00.

Также были рассмотрены данные, полученные в ходе глубоководных измерений дрейфующих буюв на фоне изменения поля аномалий уровенной поверхности. Так, на рис.3 приводится восемь фрагментов полей аномалий уровня с шагом 10 суток и соответствующие пространственные положения дрейфующего глубоководного бую №.6900194. На каждом из фрагментов приводится полная траектория дрейфующего бую и выделяется положение, соответствующее времени проведения глубоководных измерений. На рис.4 приводятся данные глубоководных измерений температуры вдоль траектории дрейфа с шагом через 10 суток.

Из приведенного графика видно, что квазистационарному антициклоническому участку траектории ( $\Delta\xi > 0$ ) соответствует область опускания вод и циклоническому участку ( $\Delta\xi < 0$ ) область подъема.

Интересно также обратить внимание, что дрейф проходил по траектории, близкой к круговой, в соответствии с циклоническим (против часовой стрелки) вращением. На восьми фрагментах карт рельефа аномалий уровня эта область была занята циклоном. Иногда (на первых трех фрагментах) буй смещался в область антициклона. Последняя станция была выполнена в области нового зарождающегося циклона.

Полученные результаты хорошо иллюстрируют соответствие основных известных представлений о циркуляции в вихревых океанологических образованиях. При этом вихревые образования хорошо идентифицируются на картах аномалий уровня океана и четко прослеживаются во времени как квазистационарные. Последнее замечание очень важно, т.к. в случае ярко выраженных нестационарных образований все обстоит несколько иначе.

Таким образом, альтиметрические спутниковые наблюдения дают принципиально новую возможность слежения за феноменологическими явлениями в океане.



На большом статистическом материале (ежедневные данные промысловых судов Западного и Северного бассейнов за период с 1982 г.) были проведены расчеты по выделению ядер промысла в синоптическом масштабе изменчивости.

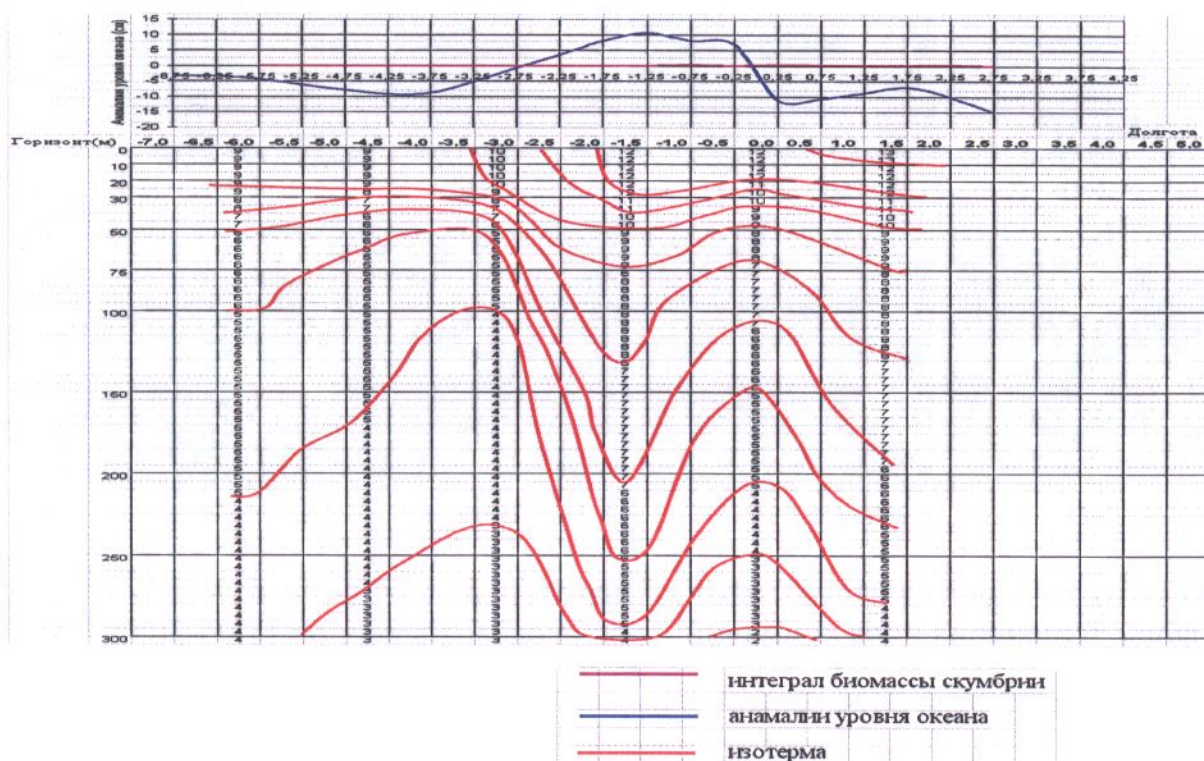


Рис. 1. Аномалии уровня океана, интегральные величины биомассы скумбрии и вертикальное распределение температуры воды по широте  $67^{\circ}00$  с.ш. за период 08-17.07.2003 г.

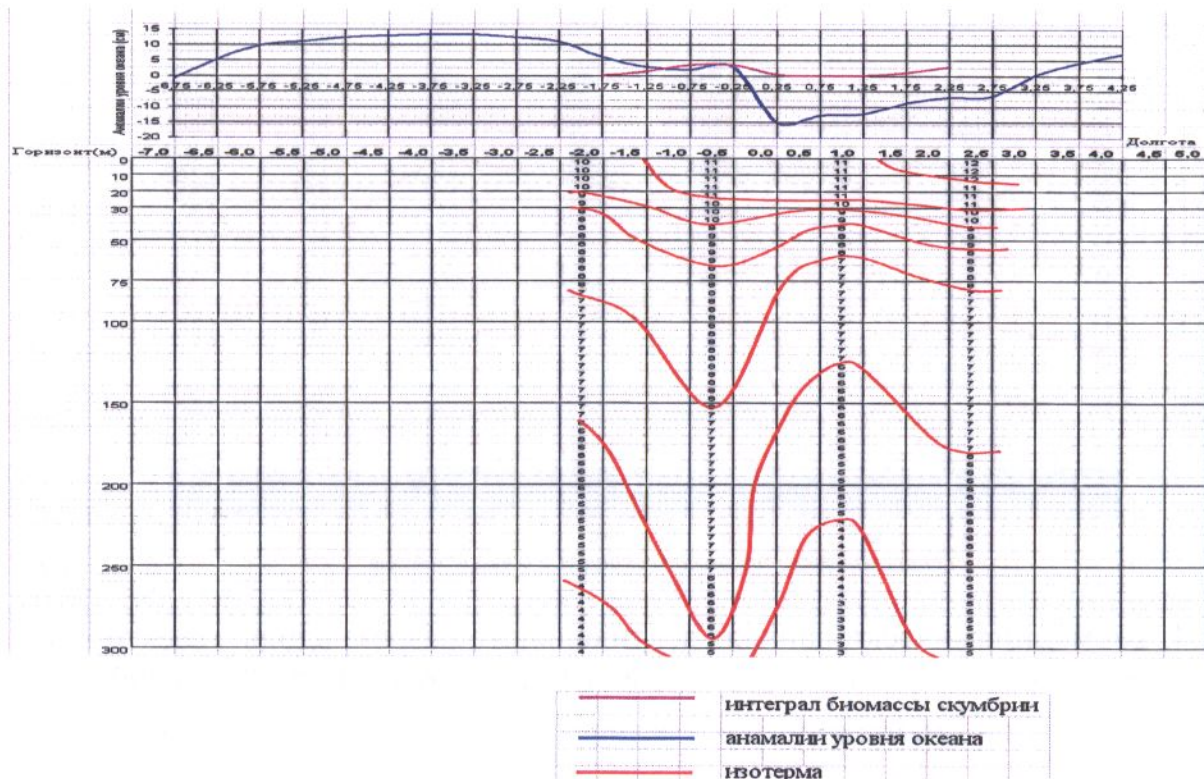




Рис.2. Аномалии уровня океана, интегральные величины биомассы скумбрии и вертикальное распределение температуры воды по широте 68°20 с.ш. за период 08-17.07.2003 г.

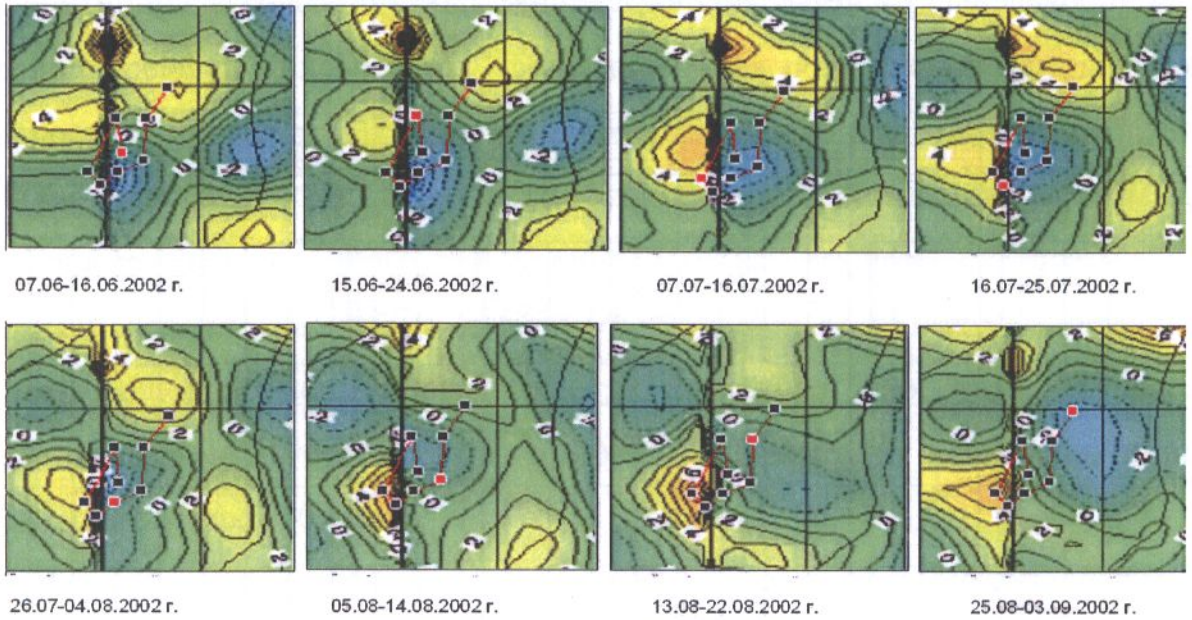


Рис.3. Траектория движения дрейфующего глубоководного буя №6900194 на фоне изменения поля аномалий уровня океана в период 11.06-30.08.2002 г.

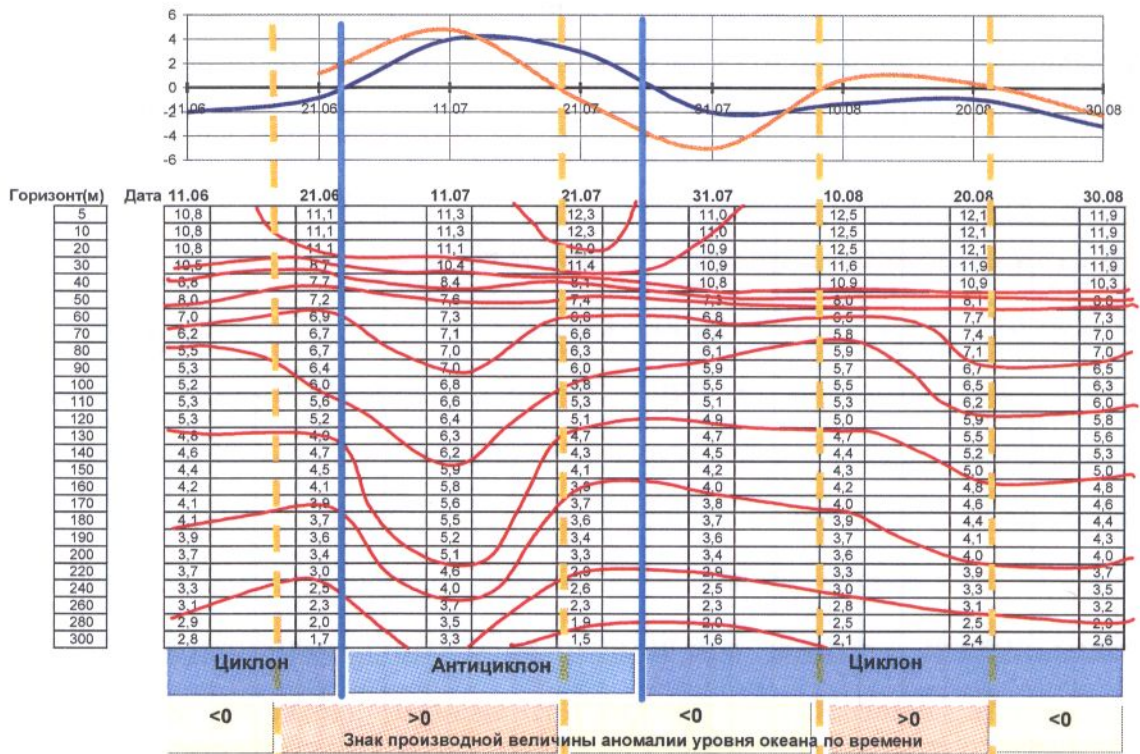


Рис.4. Термодинамический анализ вертикального разреза вдоль траектории дрейфующего глубоководного буя №6900194 в период 11.06-30.08.2002 г.

В дальнейшем выделенные ядра промысла сопоставлялись с картами ТПО и полями рельефа уровневой поверхности и ее производных по каждому промысловому квадрату. Распределение вылова, производительность и повторяемость промысла в каждом промысловом квадрате рассматривались как двумерные функции переменных:  $y = \frac{\partial(\Delta\xi)}{\partial t}, x = \Delta\xi$ .

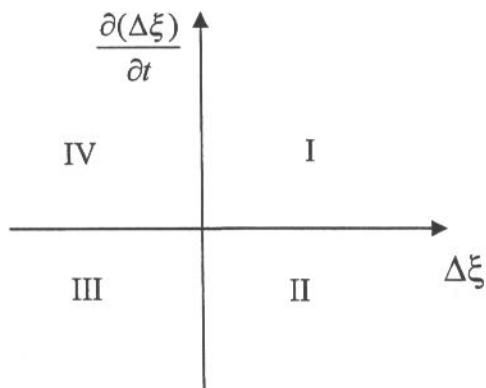
Здесь ордината  $y$  представляет скорость изменения аномалий уровня океана по времени, а ось  $x$  значение аномалии  $\Delta\xi$ . При этом четверти координатной плоскости в поле переменных  $\frac{\partial(\Delta\xi)}{\partial t}$  и  $\Delta\xi$  легко интерпретируются следующим образом:

I четверть:  $\frac{\partial(\Delta\xi)}{\partial t} > 0, \Delta\xi > 0 \Rightarrow$  «растущая» зона конвергенции;

II четверть:  $\frac{\partial(\Delta\xi)}{\partial t} < 0, \Delta\xi > 0 \Rightarrow$  «разрушающаяся» зона конвергенции;

III четверть:  $\frac{\partial(\Delta\xi)}{\partial t} < 0, \Delta\xi < 0 \Rightarrow$  «растущая» зона дивергенции;

IV четверть:  $\frac{\partial(\Delta\xi)}{\partial t} > 0, \Delta\xi < 0 \Rightarrow$  «разрушающаяся» зона дивергенции.



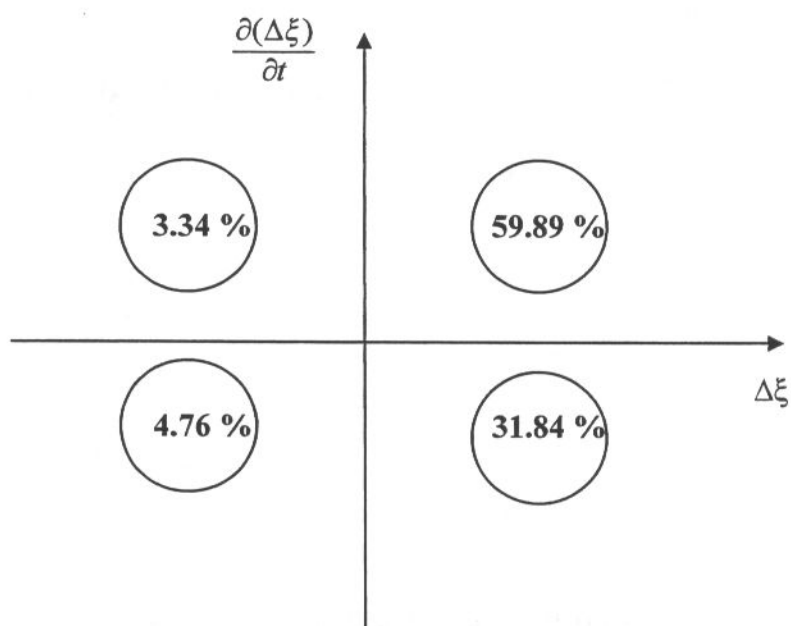
На основании расчетов распределения вылова  $B\left(\frac{\partial(\Delta\xi)}{\partial t}, \Delta\xi\right)$ , производительности  $\Pi\left(\frac{\partial(\Delta\xi)}{\partial t}, \Delta\xi\right)$  и судосуток  $N\left(\frac{\partial(\Delta\xi)}{\partial t}, \Delta\xi\right)$  за период с 1992 года по 2006 год для каждого естественного однородного синоптического периода (ОСП) были получены соответствующие распределения и рассчитаны их средние интегральные характеристики, которые приводятся ниже в табл.2.

Среднее арифметическое процента вылова за период с 1992 г. по 2004 г.

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} \frac{см}{5 \text{ сут}}$$

		15.0	0.02	0.32	0.27	0.33	
	0.34	10.0	2.40	4.58	1.85	0.56	0.04
0.30	2.70	5.0	14.48	24.70	9.45	0.83	0.06
-10.0	-5.0	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0
0.12	4.04	-5.0	12.53	13.41	2.68	0.39	0.05
0.14	0.46	-10.0	1.31	1.19	0.19		
		-15.0	0.09				

$\Delta \xi$   
см



Проведенные ранее исследования показали также устойчивую связь положения «гребней» поверхности распределения  $\Delta \xi(\psi, \lambda)$  (где  $\Delta \xi$  - аномалия уровневой поверхности океана) с положением ветвей миграций.

Исследования закономерностей формирования траекторий миграций были проведены на большом статистическом материале. Показано, что в



наибольшей степени на миграции оказывают влияние тенденции в перестройке полей  $\Delta\xi(\psi, \lambda)$ , которые происходят в дни смены синоптических периодов, главным образом за счет деформации структуры («размывания») зон дивергенций. Образующиеся положительные деформации зон дивергенций меняющие знак (переходящие в конвергенции) обеспечивают «связующие пути» миграций между «старыми» квазистационарными вихревыми антициклональными зонами и «новыми», в которых «скачком» возникает последующий промысел.

Вторым важным результатом исследований был вывод о хорошем соответствии относительно устойчивого промысла с антициклоническими вихрями и, в общем, с зонами конвергенций течений (зонами положительных аномалий  $\Delta\xi(\psi, \lambda)$ , которые «собирают» дополнительный зоопланктон от сопредельных зон дивергенций).

Третьим важным практическим результатом явился вывод о том, что повышенные концентрации скумбрии связаны с «теплыми» секторами антициклонических образований.

На основании приведенных выше расчетов четвертым, не менее важным для практического использования, был результат положительной зависимости промысловой обстановки от «растущих» антициклонов и различных зон конвергенций другой природы.

Помимо промысла скумбрии, аналогичные расчеты были проведены для промысла путассу. В отличие от промысла скумбрии, базы данных по которому имеются только за нагульный период, промысел путассу ведется почти круглогодично. Поэтому есть принципиальная возможность проследить зависимость промысловых участков от вихревой структуры для основных стадий жизненного цикла этой рыбы. По результатам расчетов оказалось, что промысел путассу на стадии нагула, зимовки и миграции ведется в основном (82% случаев) в антициклональных вихрях. Исключение представляет стадия нереста, во время которой картина меняется на противоположную. Нерестовые концентрации, в подавляющем большинстве случаев (79%), находятся в



циклонических вихрях, что видимо обусловлено биологической необходимостью всплытия личинок в верхние слои океана. *Обобщение приведенных результатов с учетом проведенных ранее многочисленных исследований механизмов формирования зон повышенной биологической и рыбопромысловой продуктивности (Шатохин, 2002, 2003) дают возможность описать основной механизм образования этих зон: основным «поставщиком» первичной продукции являются зоны циклонов и циклонических образований типа «ложбин» и в более общем, нестационарном случае, зоны  $\frac{\partial \xi}{\partial t} < 0$ . При этом весьма важным является разграничение роли центральных областей циклонов и их периферии. Если центральные зоны циклонов отвечают в основном за интенсивность подачи биогенных элементов в районы активного фотосинтеза, то периферийные участки являются зонами повышенной биопродуктивности, т.к. именно в них происходит основной прирост первичной продукции – биомассы фитопланктона. Это определяется необходимым временем запаздывания, зависящим от общих условий процесса фотосинтеза в различных водных массах и зонах дивергенции. Затем фитопланктон и зоопланктон механически выносятся в соседние зоны конвергенции и участки антициклонических вихрей, где концентрируются, как правило, под воздействием адвекции «теплых вод», усиливающих интенсивность конвергенции. Так образуются зоны потенциально повышенной рыбопромысловой продуктивности. Если в последующем периоде создаются условия «доступности» этих участков для рыбных скоплений, то возникает район с благоприятной рыбопромысловой обстановкой. Как правило, это происходит в дни смены метеорологических естественных синоптических периодов (для промысла скумбрии - в 95% случаев, для промысла сельди – в 92%, для мойвы – в 96%). В эти же дни возникают качественные изменения структуры поля аномалий рельефа уровенной поверхности.*

Проводя оценку экологической роли изменчивости уровенной поверхности океана, можно сделать следующие основополагающие выводы: изменчивость состояний уровенной поверхности океана (и ее производных)

является обобщенным фактором влияния основных гидрофизических и биопродукционных процессов на регулирование производства экосистемных ресурсов, их пространственное распределение и потребление (Шатохин, 2004). При этом регулирование производства и пространственного распределения ресурсов обусловлено, в основном, возникновением «необходимых» условий среды обитания, формирующихся под непосредственным влиянием, либо опосредовано отражающихся в изменчивости состояний структуры уровенной поверхности океана. Механизм «регулирования» потребления ресурсов нижних трофических уровней обусловлен формированием условий доступности и лимитирования, которые определяются геометрическими и структурными свойствами полей рельефа аномалий уровенной поверхности.

Основной ресурсный потенциал экосистем сосредотачивается в зонах повышенной биологической и рыбопромысловой продуктивности. Исключительной особенностью возникновения этих зон является их скачкообразный характер, как во времени, так и в пространстве. Многие исследователи эти явления называют «аномальными», хотя, на самом деле, они суть закономерные, так как носят повсеместный характер и проявляются в достаточно больших диапазонах изменчивости. Основная трудность заключается в раскрытии механизмов «скачкообразных феноменов»: возникновение зон повышенной рыбопромысловой продуктивности, пятнистости зоопланктона, масштабов их пространственно-временной устойчивости, единовременного резкого изменения в поведении объектов промысла на всем ареале и т.д. Такие скачкообразные изменения, возникающие в виде «внезапного» ответа изучаемой природной системы (или ее модельных представлений) на плавное изменение внешних условий получили в литературе название катастроф. Важным понятием в теории катастроф является термин «бифуркация», который означает «раздвоение» и употребляется в широком смысле для обозначения всевозможных качественных перестроек или образований различных дискретных объектов из непрерывных. Характерным является то, что это происходит при очень малых изменениях параметров

*состояния системы.* Наиболее часто исследованным механизмом возникновения зон повышенной рыбопромысловой продуктивности является механизм, описанный выше, и реализующийся на «четырёхполоснике» (два циклона – два антициклона), представляющем структуру типа «седла». При смене синпериедов возникает бифуркация в особой точке равновесия (точки пересечения сепаратрис нулевого уровня). При этом если образуется антициклональная перемычка – зона конвергенции течений, которая объединяет два, ранее изолированных антициклона, то вдоль перемычки происходит миграция рыбы из «старого» антициклона в «новый» и промысел «скачком» переходит в новую зону рыбопромысловой продуктивности. *Этот бифуркационный механизм объясняет ранее малопонимаемый факт «мгновенного» появления (образования) нового района промысла.* Конечно, необходимо иметь в виду, что «мгновенность» зависит от общей «геометрической» ситуации, определяющей структуру зон вергенций в поле аномалий рельефа уровенной поверхности океана (протяженность и возникновение «хребтов», их устойчивость, конфигурация и др.). Таким образом, указанный бифуркационный механизм определяет «условия доступности» пищи для рыбных скоплений. *Описанное свойство организма – «овладение пространством» или использование пространства непосредственно как ресурса, видимо основывается на эволюционной адаптации организмов к механизмам бифуркации особых точек (как правило, точек равновесия) различных фазовых пространств, и тем самым, обуславливает «скачкообразный» характер перестройки своей жизнедеятельности.* Таким образом, значительный интерес может представлять классификация особых точек решения системы дифференциальных уравнений (в первом приближении теории мелкой воды) с учетом ветровых составляющих для неавтономного случая.

*Это особенно важно, т.к. преобразования геометрической структуры уровенной поверхности прямым образом отражают изменения термодинамических и биологических процессов в океане. А наблюдение за*

этими преобразованиями возможно проводить по спутниковым альтиметрическим данным в синоптическом масштабе времени.

На основании полученных выше механизмов формирования зон повышенной биологической и рыбопромысловой продуктивности для различных районов СВА был проведен мониторинг и получены следующие выводы.

### *Окунь моря Ирмингера*

1. Проведен сопоставительный анализ географии районов промысла нагульных и нерестовых миграций за весь период отечественного промысла. Нагульные скопления окуня-клювача приурочены к зонам антициклонов и другим формам антициклональной циркуляции в 83% случаев. Нерестовые концентрации, как правило, приурочены к циклоническим формам циркуляции.

2. За последние 5 лет в районе нагула окуня резко возросла (почти в 5 раз) площадь зон конвергенций, по сравнению с периодом 1993-1999 гг. Этим, с нашей точки зрения, объясняется падение производительности и более ранняя миграция «маломерного» (окуня средних глубин) в зону Гренландии.

### *Скумбрии в Норвежском море (ФЭЗ, ОЧНМ)*

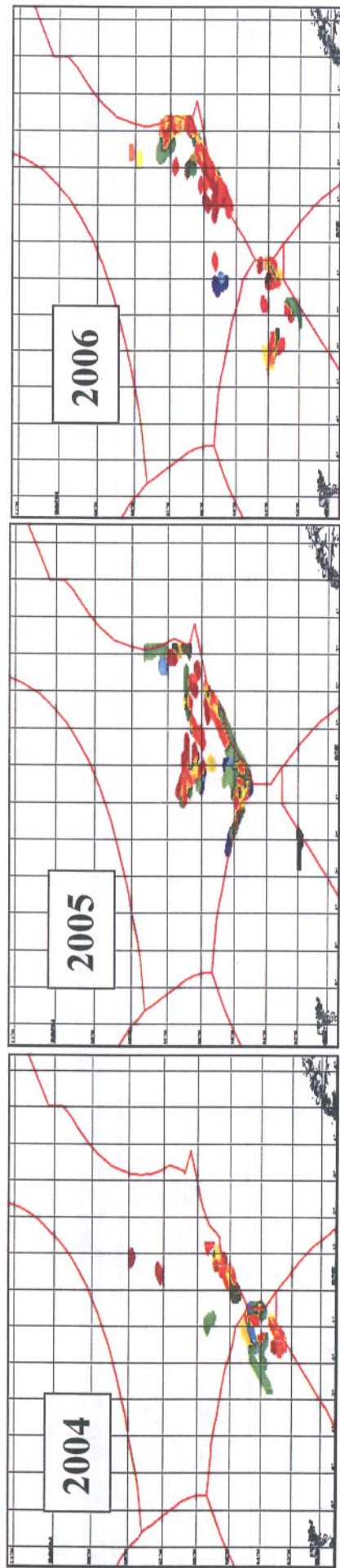
1. На основании исследованных механизмов зависимости синоптической изменчивости ареалов нагула для нескольких последних лет построена иерархическая классификация формирования районов промысла и миграционных путей скумбрии.

2. Разработаны методы краткосрочного и долгосрочного прогнозирования районов и сроков промысла скумбрии оперативные методы прогнозирования условий промысла скумбрии (заблаговременность от 1,5 мес. до 3-5 суток).

3. Для различных однородных периодов синоптической изменчивости на основе спутниковых данных траекторий течения проведены регулярные оценки динамики биомассы скоплений (рис.5-8).

4. Разработана информационная технология проведения в море адаптивно-управляемых экспериментов по планированию изучения влияния динамики феноменологических структур аномалий уровня поверхности на формирование зон повышенной биологической и рыбопромысловой продуктивности. Внедрение технологии проходит на примере промыслов сельди и скумбрии с использованием рыбопромыслового флота с научными наблюдателями на борту.

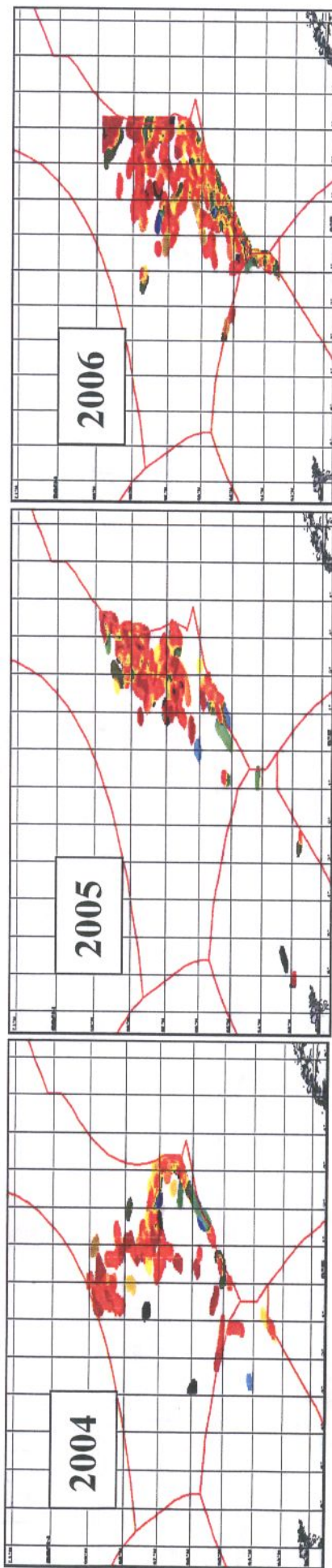




27.06-30.06.2004 г.  
 Биомасса скумбрии - 293,1 тыс.тонн  
 Площадь - 3417,0 кв.миль

24.06-27.06.2005 г.  
 Биомасса скумбрии - 453,7 тыс.тонн  
 Площадь - 5900,0 кв.миль

28.06-02.07.2006 г.  
 Биомасса скумбрии - 526,8 тыс.тонн  
 Площадь - 4967,0 кв.миль



01.07-04.07.2004 г.  
 Биомасса скумбрии - 912,3 тыс.тонн  
 Площадь - 8171,0 кв.миль

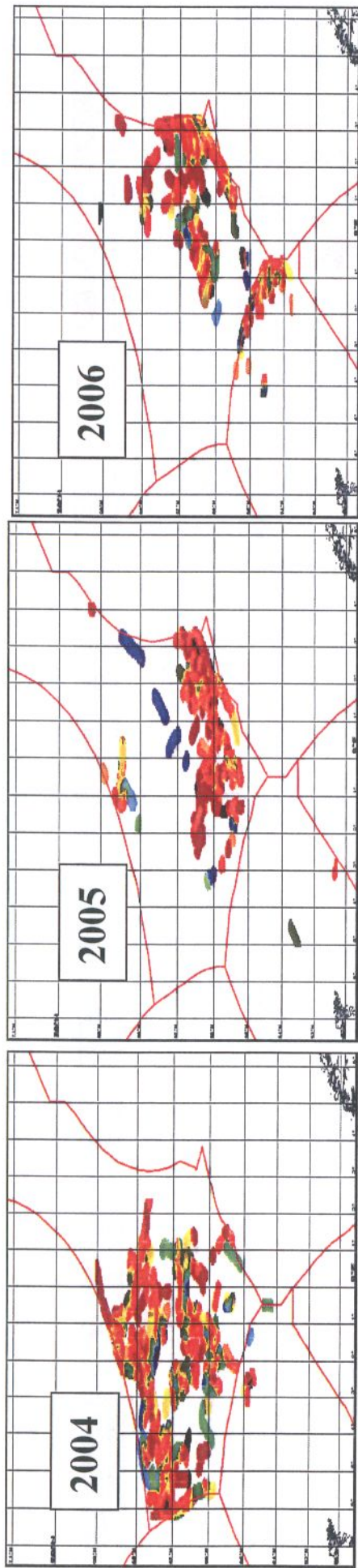
28.06-02.07.2005 г.  
 Биомасса скумбрии - 880,8 тыс.тонн  
 Площадь - 7653,0 кв.миль

03.07-08.07.2006 г.  
 Биомасса скумбрии - 1340,4 тыс.тонн  
 Площадь - 12115,0 кв.миль



Рис.5. Динамика количественной оценки биомассы нагульной скумбрии по естественным синоптическим периодам (ЕСП), Норвежское море, 2004-2006 гг.





05.07-11.07.2004 г.

Биомасса скумбрии - 1786,7 тыс.тонн

Площадь - 17811,0 кв.миль

03.07-06.07.2005 г.

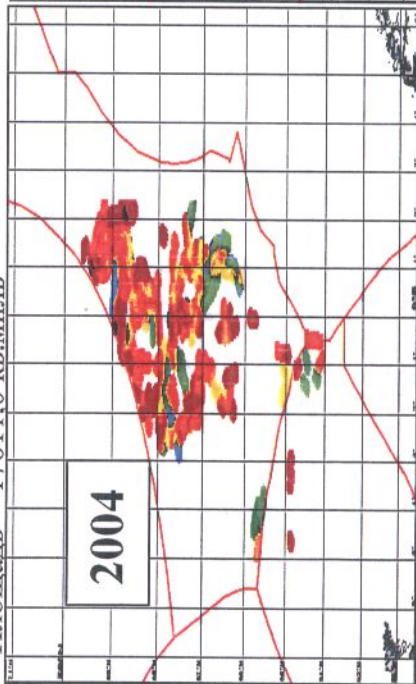
Биомасса скумбрии - 1142,8 тыс.тонн

Площадь - 9533,0 кв.миль

09.07-13.07.2006 г.

Биомасса скумбрии - 1168,0 тыс.тонн

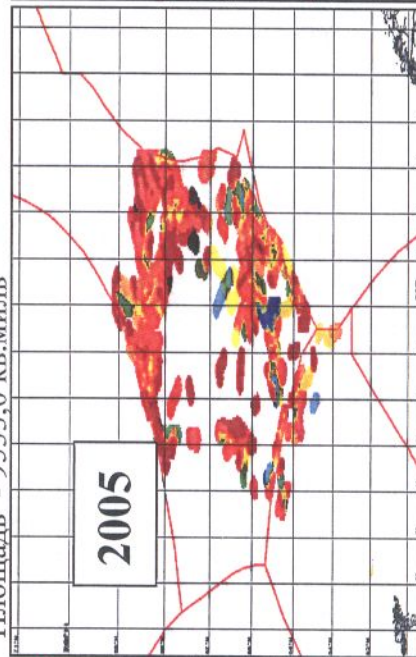
Площадь - 10480,0 кв.миль



12.07-15.07.2004 г.

Биомасса скумбрии - 1535,6 тыс.тонн

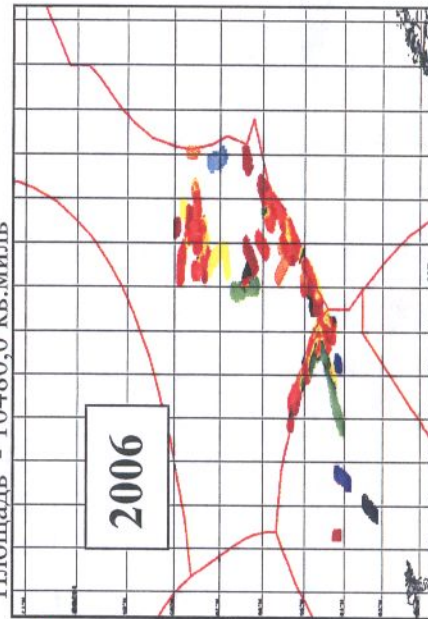
Площадь - 13443,0 кв.миль



07.07-13.07.2005 г.

Биомасса скумбрии - 2237,5 тыс.тонн

Площадь - 18728,0 кв.миль



14.07-17.07.2006 г.

Биомасса скумбрии - 759,3 тыс.тонн

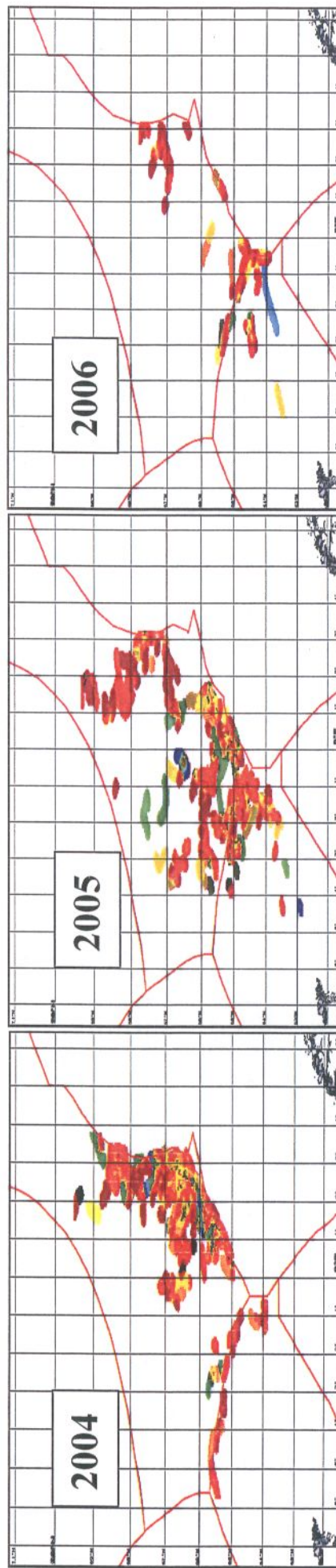
Площадь - 7214,0 кв.миль

Плотность, т/миль



Рис. 6. Динамика количественной оценки биомассы нагульной скумбрии по естественным синогитическим периодам (ЕСП), Норвежское море, 2004-2006 гг.





16.07-20.07.2004 г.

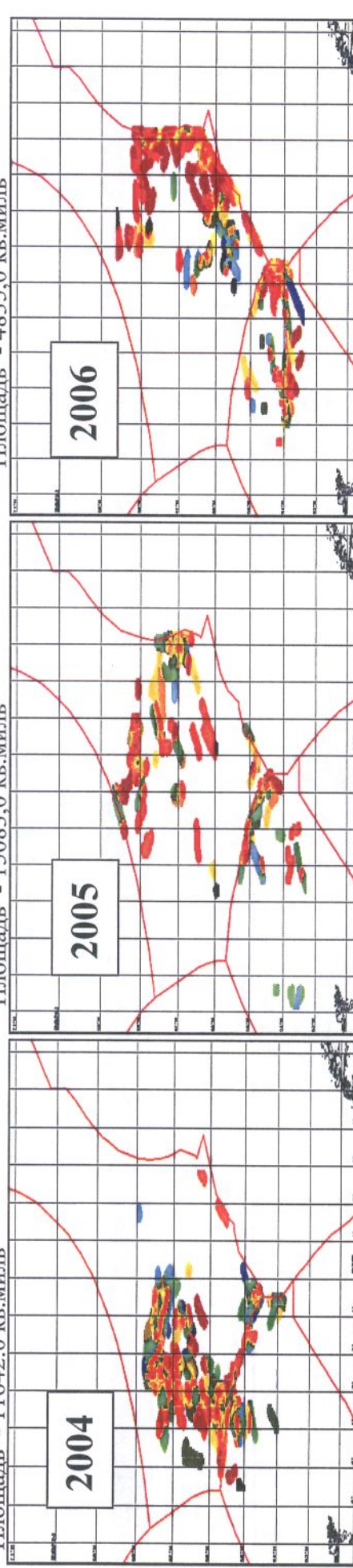
Биомасса скумбрии - 1333,6 тыс.тонн  
Площадь - 11642,0 кв.миль

14.07-19.07.2005 г.

Биомасса скумбрии - 1723,5 тыс.тонн  
Площадь - 15083,0 кв.миль

18.07-20.07.2006 г.

Биомасса скумбрии - 568,8 тыс.тонн  
Площадь - 4835,0 кв.миль



21.07-25.07.2004 г.

Биомасса скумбрии - 1067,5 тыс.тонн  
Площадь - 12547,0 кв.миль

20.07-22.07.2005 г.

Биомасса скумбрии - 928,6 тыс.тонн  
Площадь - 10296,0 кв.миль

21.07-29.07.2006 г.

Биомасса скумбрии - 1497,5 тыс.тонн  
Площадь - 13360,0 кв.миль



Рис.7. Динамика количественной оценки биомассы нагульной скумбрии по естественным синоптическим периодам (ЕСП), Норвежское море, 2004-2006 гг.

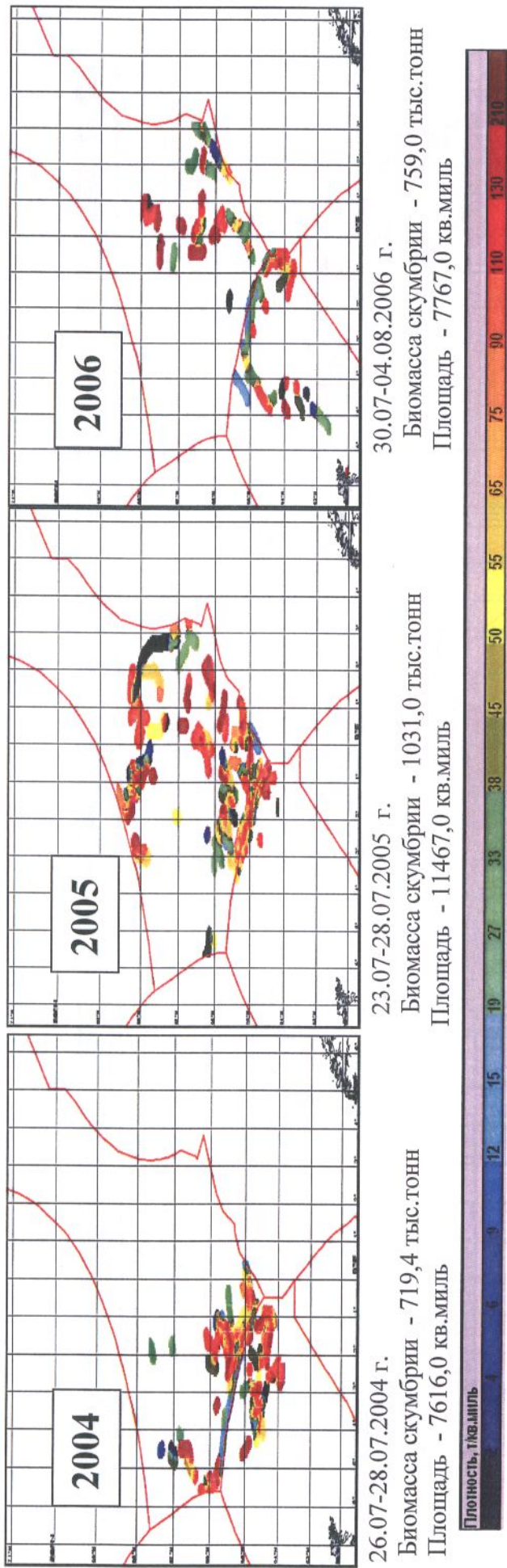


Рис.8. Динамика количественной оценки биомассы нагульной скумбрии по естественным синоптическим периодам (ЕСП), Норвежское море, 2004-2006 гг



Все приведенные выше механизмы образования зон повышенной рыбопромысловой продуктивности зависимости от низкочастотного диапазона (1-18 суток) изменчивости аномалий рельефа уровенной поверхности океана, справедливо и для распределения и миграций атлантической сельди.

Здесь, учитывая ограниченные объемы публикации, приведем лишь два важных для организации исследований и динамики запасов этого объекта следствия:

- за последние 7 лет, в период повышенной адвекции атлантических вод, площадь нагульного ареала сельди увеличилась, как минимум в 2,5 раза (рис. 9);

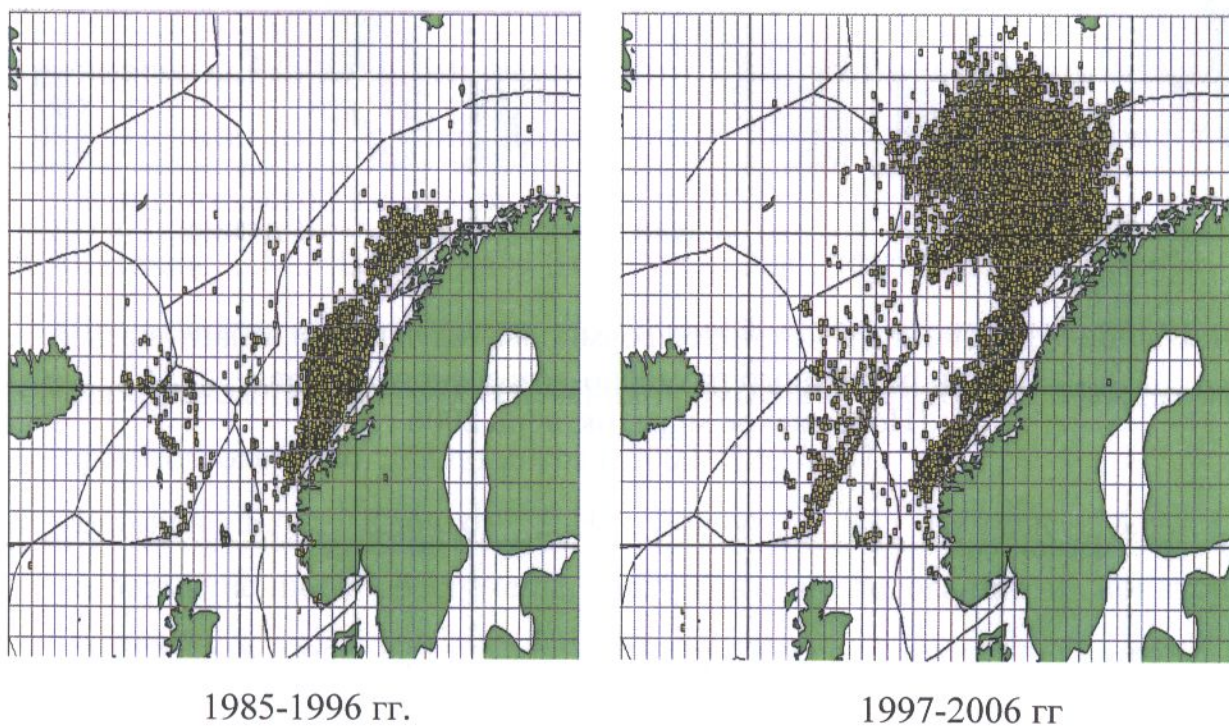
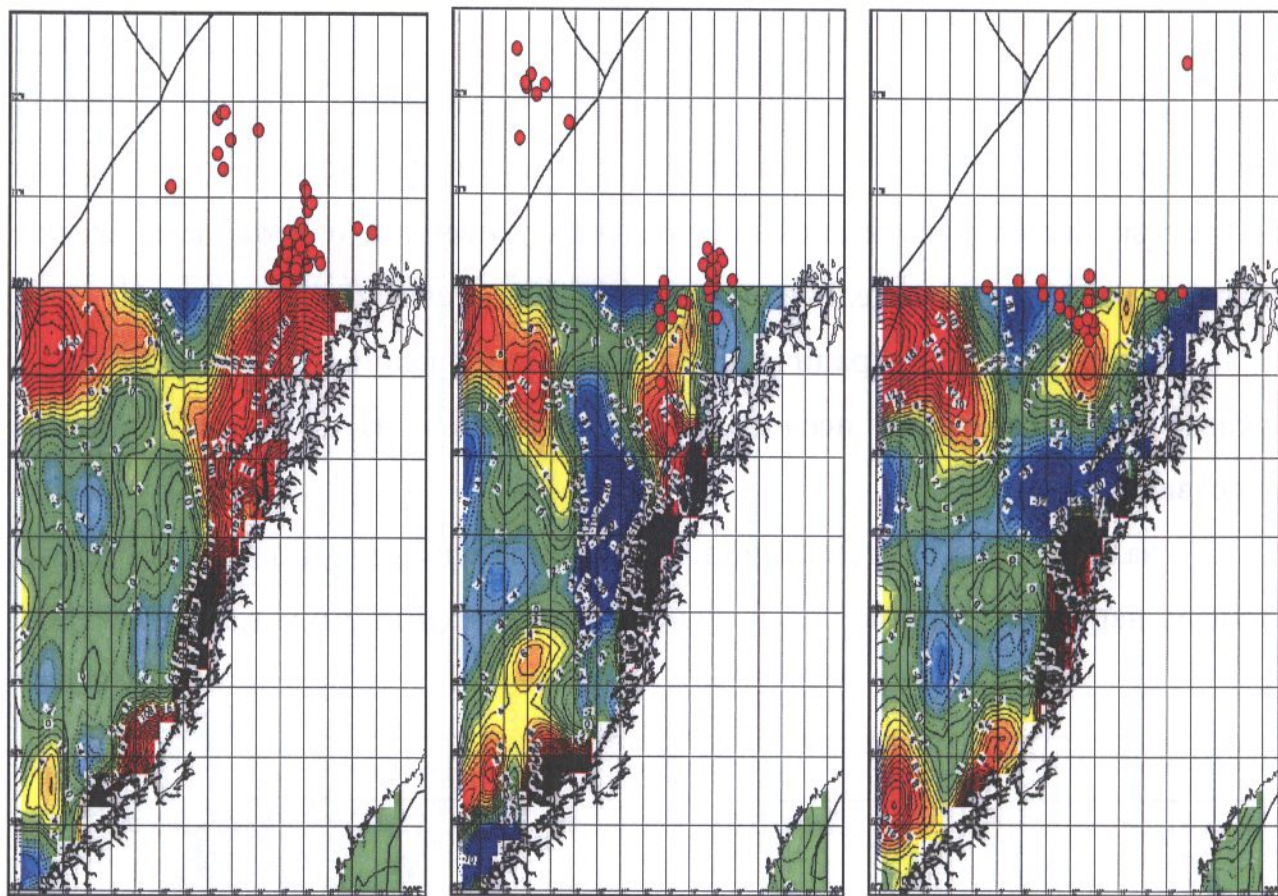


Рис. 9 . Динамика нагульного ареала атлантической сельди в 1985-2006 гг.

- исследованные зависимости формирования промысловых скоплений от бифуркационного механизма преобразования уровенной поверхности океана в особых точках дают возможность прогнозирования районов зимовки сельди различного размерно-возрастного состава (рис. 10).





1 декада

2 декада

3 декада

Рис. 10 Бифуркационный механизм формирования зимовки атлантической сельди различного размерно-возрастного состава (Норвежское море, октябрь 2006 г.)

## Литература

1. Бочаров Л.Н. Системный анализ в краткосрочном рыбопромысловом прогнозировании // Л., Наука. 208 с.
2. Гирс А.А. Кондратович К.В. Методы долгосрочных прогнозов погоды // Л. Гидрометеоздат. 1978. 402 с.
3. Дзердзеевский Б.Л. Циркуляционные механизмы в атмосфере Северного полушария в XX столетии // В кн.: материалы метеорол. исслед. Междувед. Геофиз. Комитет при Президиуме АН СССР. М., 1968. С. 134-141.
4. Парсонс Т.Р., Такахаша М., Харгрейв Б. Биологическая океанография. М. 1982.
5. Фукс В.Р. Возможности использования спутниковой альтиметрической информации для океанографического обеспечения промысла // Протокол 2/31/1 заседания секции промысловой океанологии Межведомственной Ихтиологической Комиссии, 25 апреля 2002 г.
6. Шатохин Б.М., Ванюшин Г.П., Гусев А.К., Фукс В.Р., Захарчук Е.А. Возможности использования спутниковой альтиметрической информации для океанологического обеспечения промысла // Тез.док. XII Межд. конф. по промысл. океанол. Калининград. 2002. С.127-131.
7. Шатохин Б.М., Ключков Д.Н., Бойчук С.И., Цирикалс М.К. Опыт информационного обеспечения ресурсных исследований и мониторинга промысла в море Ирмингера // Матер. Всерос. научно-техн. конф. Ч.4. «Наука и образование -2003». Мурманск, 2003. С. 129-130.
8. Шатохин Б.М. Исследование закономерностей и механизмов формирования зон повышенной биологической и рыбопромысловой продуктивности, как основа новых подходов в планировании учетных съемок запасов и поиска промысловых скоплений // Вопросы промысловой океанологии. М., ВНИРО. Вып.1. 2004. С. 147-167.

9. Шатохин Б.М. Результаты исследования влияния гидрометеорологических циклов на формирование промысловой обстановки // Тез.док. XI Всерос. конф. по промысл. океанографии. Калининград, 1999. С.101.
10. Шатохин Б.М. Методологические основы и практика решения задач краткосрочного прогнозирования промысла с использованием спутниковой альтиметрической информации // Тез.докл. XII Межд. конф. по промысловой океанологии. Калининград, 2002. С. 266-269.
11. Шатохин Б.М. Исследование экологической роли уровенной поверхности океана и бифуркационных механизмов формирования зон повышенной рыбопромысловой продуктивности // Тез. докл. конф. «Математическое моделирование и информационные технологии в исследованиях биоресурсов Мирового океана». Владивосток, 2004. С.133-136.