

УДК 551.46.07: 629.783

КАРТЫ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА ТПО АКВАТОРИЙ НОРВЕЖСКОГО И БАРЕНЦЕВА МОРЕЙ - ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ РЕСУРС ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ПРОГНОЗОВ ПРОМЫСЛОВОЙ ОБСТАНОВКИ

© 2010 г. Г.П. Ванюшин¹, Б.Н. Котенев¹, Б.М. Шатохин², А.А. Трошков¹,
М.Ю. Кружалов¹, А.И. Добровольский², Т.В. Булатова¹

*1 - Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного
хозяйства и океанографии, Москва 107140*

2 - НПК «Морская информатика»

Поступила в редакцию 30.08.2010 г.

Окончательный вариант получен 02.11.2010 г.

Карты, построенные на основе данных спутникового мониторинга температуры поверхности океана (ТПО), различной временной дискретности (3-4 суток, неделя, месяц, сезон, год) помогают оценить состояние и динамику температурных условий промысловых районов Норвежского и Баренцева морей. Созданный ФГУП «ВНИРО» банк соответствующих карт ТПО в цифровом и аналоговом видах (с 1987 г. по н/в) используется как дополнительный информационный ресурс при анализе и прогнозе промысловой обстановки, поиске годов-гомологов (по температурным условиям), соответствующих текущему временному периоду. Оперативные карты ТПО (3-4 суточного и недельного осреднения) используются в прогностических моделях для обеспечения путинного промысла (скумбрии, сельди, путассу, мойвы и окуня).

Ключевые слова: Норвежское море, Баренцево море, спутниковые данные, температура воды, банк карт ТПО, мониторинг изменчивости среды, модельные расчеты промысловой обстановки.

ВВЕДЕНИЕ

В течение последних лет ФГУП «ВНИРО» развивал технологии комплексного анализа спутниковых данных для построения карт температуры поверхности океана (ТПО) промысловых районов в акваториях Мирового океана и морях Российской Федерации (Ванюшин и др., 2005, 2007). Значение практического использования оперативной информации о динамике ТПО в акваториях Норвежского и Баренцева морей существенно возросло с появлением возможности получать и анализировать данные с метеорологических искусственных спутников Земли (ИСЗ) серии «NOAA» в цифровом виде (Ванюшин и др., 2007, 2008). Мониторинг температурных условий в таких важнейших в промысловом отношении районах Мирового океана дает непрерывные сведения различной временной дискретности (синоптической, месячной, сезонной и межгодовой) об изменчивости ТПО, которые в сочетании с другими метеорологическими, гидрологическими и биологическими характеристиками, помогают успешно их использовать при решении задач рыбопромыслового прогнозирования (Шатохин и др., 2007; Ванюшин и др., 2008). Разработанная специалистами НПК «Морская информатика» информационная технология поддержки принятия управленческих решений на промысле опирается на карты ТПО, которые регулярно с осреднением от 3-4-х суток и более поступают из ФГУП «ВНИРО» в оперативном режиме по e-mail. При этом одной из основных практических задач является повышение эффективности работы отечественных добывающих флотов непосредственно в районах промысла.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Оценка пространственно-временных закономерностей динамики ТПО в акваториях Норвежского и Баренцева морей осуществляется на базе карт ТПО 3-х временных уровней: 1-ый уровень мониторинга составляют оперативные карты ТПО 3-4-суточной дискретности; 2-ой уровень мониторинга составляют карты ТПО недельной дискретности; 3-ий уровень – это карты ТПО месячной, сезонной и годовой дискретности, построенные на суммировании и осреднении карт ТПО 1-ого и 2-ого уровней. Третий уровень мониторинга включает в себя создание более полного комплекта аналитических карт, таких как карт аномалий ТПО, тенденций ТПО, карт месячной, сезонной и межгодовой разницы ТПО (Ванюшин и др., 2005).

Карты ТПО 1-ого и 2-ого уровня строятся на основании совместного анализа данных ежесуточной инфракрасной съемки с ИСЗ серии «NOAA» и измерений температуры воды «in situ», поступающих с судов, буев и береговых станций из Центра Мировых данных (г. Москва). В зависимости от вида обслуживаемого промысла карты ТПО имеют сечение изотерм $0,5 \div 1,0$ °С, при пространственном разрешении $0,3 \div 1,0$ географического градуса (Ванюшин и др., 2005).

Карты ТПО могут быть представлены для анализа как в аналоговом, так и в цифровом видах. Последние необходимы для проведения аналитических расчетов текущего состояния температурных условий и их динамики. Банк основных видов карт ТПО включает в себя карты, начиная с 1987 г. по н/в, а карты ТПО высокого пространственного ($0,3$ геогр. град.) разрешения и сечения изотерм через $0,5$ °С представлены в нем, начиная с 1998 г. по н/в. Некоторые виды карт ТПО, демонстрируемые на рисунках 1, 2 и на рисунке 3 (а, б), дают наглядное представление о тех видах картографических и аналитических материалов, отражающих температурные условия акваторий Норвежского и Баренцева морей за различные периоды времени, которые использовались в настоящей работе.

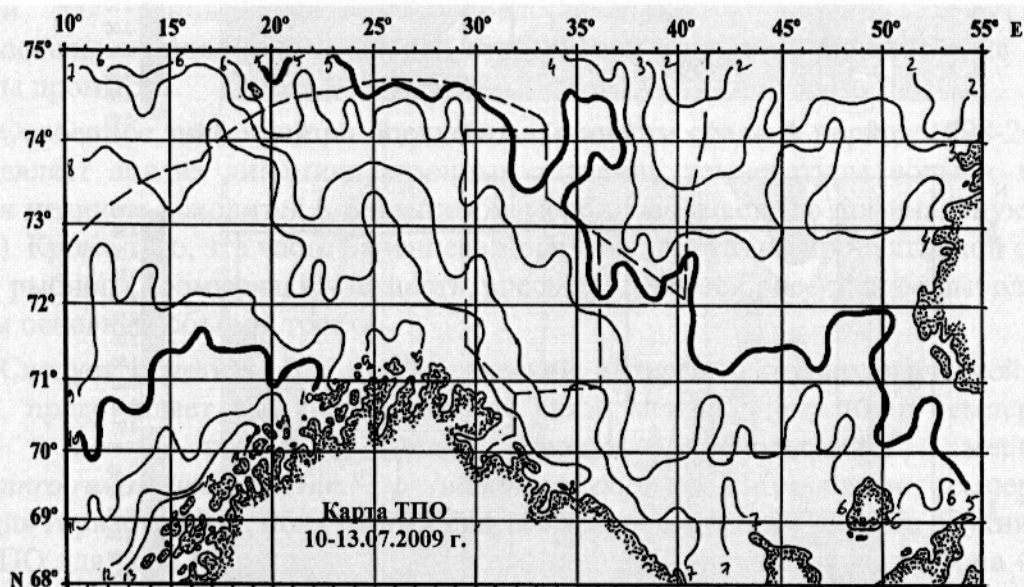


Рис. 1. Примеры аналоговой карты ТПО акваторий Норвежского и Баренцева морей за период 10-13.07.2009 г.

Fig. 1. Examples of SST map for areas of Norwegian and Barents seas for 10-13.07.2009.

99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	99.9	99.9	99.9
99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	99.9	99.9	99.9
99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9
99.9	-0.2	0.5	0.4	0.6	1.0	0.8	0.8	1.2	1.6	2.1	2.1	1.0	0.3	-0.2	-0.4	-0.5	-0.6	-0.4	0.2	1.1
-0.1	0.6	1.2	1.6	2.1	2.2	1.8	2.2	3.2	3.2	3.8	3.6	2.2	1.6	0.4	0.4	0.1	0.6	1.3	1.8	75°N
1.5	1.7	2.2	2.6	3.2	3.4	3.8	4.0	4.2	4.6	5.0	5.6	5.0	4.4	4.0	3.7	3.7	3.7	3.9	3.9	'
3.7	4.1	4.1	4.5	4.3	4.9	5.0	5.2	5.5	5.4	5.9	6.0	5.9	5.8	5.5	4.9	4.9	5.0	4.9	4.9	'
4.8	4.9	4.8	4.9	5.1	5.2	5.6	5.7	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	5.8	5.7	5.5	5.0	5.0	5.0	!
5.1	5.4	5.8	5.8	6.0	6.0	6.0	6.3	6.3	6.4	6.2	6.0	6.0	5.6	5.1	5.1	5.1	1111.1	1111.1	1111.1	!
5.6	5.8	6.1	6.1	6.1	6.3	6.4	6.6	6.9	6.8	6.2	5.4	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	70°
6.4	6.1	6.2	6.6	7.0	6.9	6.8	6.1	5.9	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	!
7.1	7.2	7.1	7.1	6.9	6.5	6.4	6.2	5.4	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	!
7.4	7.6	7.2	7.2	7.2	7.1	6.7	5.8	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	!
7.9	7.9	7.7	7.3	7.2	7.0	6.2	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	1111.1	!
	5°E	10°			15°					20°					25°	65°				

Рис. 2. Пример матрицы ТПО акваторий Норвежского и Баренцева морей за период март-апрель 2007 г. (основная зона нереста трески).

Fig. 2. Example of SST matrix for areas of the Norwegian and Barents Seas for March-April 2007 (main spawning ground for cod).

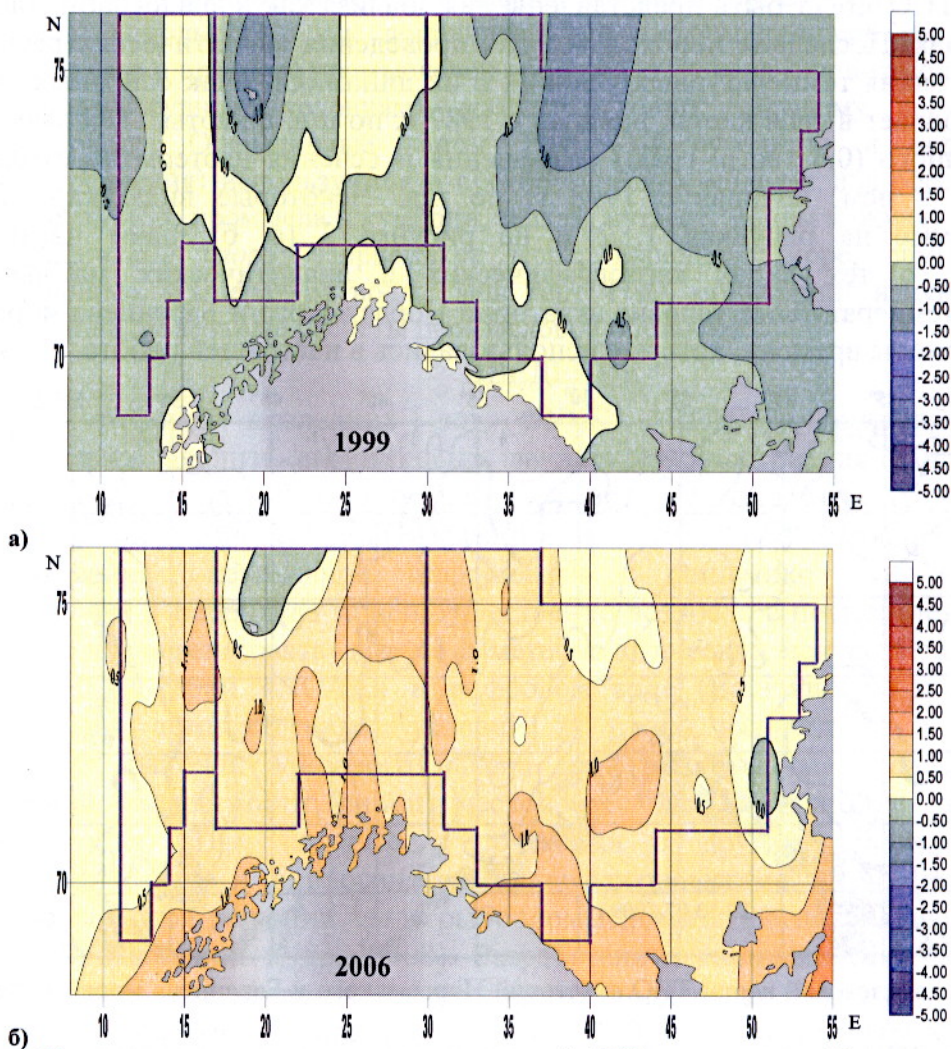


Рис. 3. Карты распределения сезонных аномалий ТПО в акваториях Норвежского и Баренцева морей за период май-октябрь в 1999 (а) и 2006 (б) гг.

Fig. 3. Distribution of SST season anomalies of areas in the Norwegian and Barents Seas for May-October 1999 (a) and 2006 (b).

Материалы анализа всех видов карт ТПО в цифровом и аналоговом видах как дополнительный информационный ресурс при составлении перспективных и оперативных прогнозов промысловой обстановки могут быть использованы различным образом.

Так, для выявления влияния температурных условий Баренцева и Норвежского морей на колебания урожайности поколения (3+) северо-восточной арктической трески *Gadus morhua*, что показано в работах Ванюшина Г.П. и др., (2008), Borisova V.M. et al. (2009), был использован следующий подход.

Оценка динамики температурных условий в акваториях Норвежского и Баренцева морей велась не для целого региона, а для выделенных зон, которые отличаются друг от друга по биологическим и гидрологическим особенностям, с точки зрения обитания и жизненных циклов данного вида трески (Бойцов и др., 2003).

Так, в основном ареале обитания трески были выделены 4 реперные зоны, для которых дифференцированно рассчитывались средние за весенний и летне-осенний периоды значения ТПО и их аномалии по одноградусным квадратам, которые затем осреднялись для каждой зоны (рис. 4): зона нереста (1) – район Лофотенских островов, с анализом ТПО в марте-апреле (сроки основного нереста трески) и 3 зоны «приема» дрейфующих личинок и пелагических сеголетков: Западно-Шпицбергенская (2), Медвежинско-Шпицбергенская или Нордкапская (3) с анализом в них ТПО за май-октябрь и Мурманско-Новоземельская (4), по которой анализировалась ТПО за июнь-октябрь (Borisov et al., 2009). В 4-ой (Мурманско-Новоземельской) зоне карты ТПО за май не учитывались потому, что в этот месяц часть акватории еще занята остатками ледового покрова. Среднесезонные значения ТПО и аномалий ТПО в зоне нереста и в зонах раннего онтогенеза трески в акваториях Норвежского и Баренцева морей представлены в таблице за период 1998-2009 гг. Необходимо подчеркнуть, что материалы анализа температурных условий для данных акваторий, представленные в таблице, могут быть использованы специалистами рыбной отрасли при оценке их влияния и на другие объекты промысла.

Особенное значение при оценке изменчивости среды в период 1998-2009 гг. представляет анализ динамики сезонных значений температуры воды в зоне 4, которая целиком находится в Баренцевом море и занимает его доминантную часть (рис. 4). Кроме того, эта часть Баренцева моря является самой продуктивной с точки зрения рыбного промысла, в частности, здесь добываются российским рыболовным флотом основные объемы трески.

Следует отметить, что прагматический интерес, с океанологической точки зрения, представляет выявление наличия связи между аномалиями температуры воды по годам на разрезе «Кольский меридиан» (www.pinro.ru/labs/indexhid.htm?top=hid/kolsec4.php) с аномалиями температуры воды для горизонта 0 м, полученных для тех же лет на основе анализа спутниковых карт ТПО для всей Мурманско-Новоземельской зоны Баренцева моря (зона 4), и ее района, через который проходит «Кольский меридиан». Данные, представленные в таблице, позволяют выполнить такое сопоставление.

Оперативные спутниковые карты ТПО и аналитические материалы их анализа широко используются специалистами НПК «Морская информатика» для решения практических задач комплексного информационного обслуживания промыслов в Норвежском и Баренцевом морях, главной из которых является

повышение эффективности работы добывающих флотов непосредственно в районах промысла. Ранее проведенные исследования показали, что основные экономические потери добывающего флота на промысле связаны с принципиальной особенностью изменчивости промысловой обстановки – ее скачкообразного характера. Ранее изученная природа и механизмы скачкообразной изменчивости промысловой обстановки (Шатохин, 1999; Котенев и др., 2004) выдвинули ряд требований к организации ведения данных об изменчивости состояния среды в промысловых районах, их обработке и модельных расчетах. Основным требованием при этом является обеспечение синоптического мониторинга за изменчивостью данных о среде. В наибольшей степени этой возможности удовлетворяют оперативные данные о температуре поверхности океана (ТПО).

Разработанная специалистами НПК «Морская информатика» информационная технология поддержки принятия управленческих решений на промысле опирается на карты ТПО, которые регулярно с осреднением в масштабе естественного синоптического периода (ЕСП, в среднем за 3-4 дня) оперативно передаются по e-mail из ФГУП «ВНИРО». Использование такого информационного ресурса как спутниковые карты ТПО, отражающие изменчивость водной среды в реальном масштабе времени, в прогностических моделях существенно повышает их точность при решении задач прогнозирования промысла. Так, применяемая в НПК «Морская информатика» гомолого-расчетная прогностическая модель, предназначенная для проведения автоматизированного системного анализа и прогноза характеристик пелагических промыслов СВА, использует данные мониторинга макроциркуляционных процессов в атмосфере и температурных параметров поверхности океана с периодом осреднения от 1 суток до 36 месяцев для составления проблемно-ориентированных прогнозов промысла различного назначения. В настоящее время она используется на путинных промыслах окуня, путассу, скумбрии, сельди и мойвы в Норвежском и Баренцевом морях.

В основу методологии положены методы физико-статистического корреляционного и логико-комбинированного анализа данных, а также оригинальные методы детерминированного поиска рядов-гомологов и эвристические процедуры пороговых автоматизированных сравнительных оценок. В качестве исходных данных предиктанта прогноза используется специальным образом обработанная информация о ежесуточных выловах объекта промысла по стандартным 30-мильным квадратам подвергаемой исследованию акватории моря.

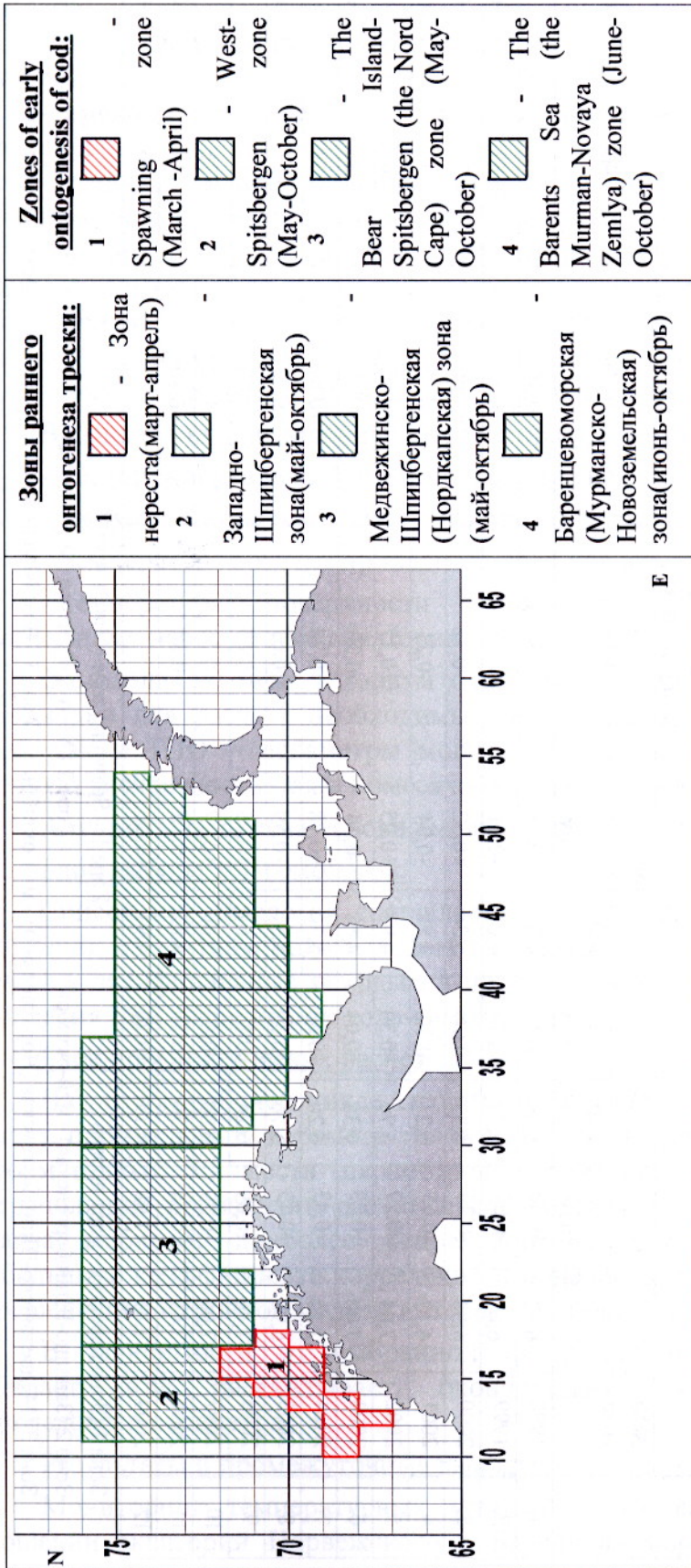


Рис. 4. Акватории Норвежского и Баренцева морей. Выделены зоны, относящиеся к районам нереста и раннего онтогенеза северо-восточной арктической трески.

Fig. 4. Areas of the Norwegian and Barents Seas. Zones of spawning and early ontogenesis of the North-East Arctic cod are shown.

Таблица. Аномалии и среднесезонные значения ТПО в зонах нереста, раннего онтогенеза и нагула северо-восточной арктической трески, а также в районе прохождения Кольского меридиана, за период 1998-2009 гг.

Table. Anomalies and average seasonal SST values in spawning, early ontogenesis and feeding grounds of the Northeast Arctic cod, and around Kola Meridian, for 1998-2009.

№ п/п	Среднесезонные аномалии и значения ТПО в зонах раннего онтогенеза трески (май-октябрь для зон 2 и 3, июнь-октябрь для зоны 4)										Среднесезонные аномалии ТПО (июнь-октябрь) в районе прохождения Кольского меридиана по данным ИСЗ (горизонт 0 м)	Среднегодовые аномалии ТПО на разрезе «Кольский меридиан» по данным «in situ» (0-200 м)	Среднесезонные значения и аномалии ТПО в зоне нереста трески (зона 1)
	2 зона		3 зона		4 зона		Т аном.	Т аном.	Т ср.	Т аном.			
	Т ср.	Т аном.	Т ср.	Т аном.	Т ср.	Т аном.							
1.	6,92	+0,15	5,56	+0,19	4,37	-0,55	-0,54	-0,38	4,87	+0,20			
2.	6,68	-0,09	5,51	+0,14	4,61	-0,31	-0,23	+0,22	4,71	+0,04			
3.	6,39	-0,38	5,33	-0,04	5,24	+0,32	+0,12	+0,69	4,41	-0,26			
4.	6,12	-0,65	5,21	-0,16	4,88	-0,04	-0,21	+0,50	4,68	+0,01			
5.	7,04	+0,27	5,76	+0,39	4,97	+0,05	+0,17	+0,45	5,53	+0,83			
6.	7,00	+0,23	5,38	+0,01	4,68	-0,24	-0,30	+0,19	5,74	+1,07			
7.	7,20	+0,43	6,20	+0,83	5,70	+0,78	+0,78	+0,81	5,21	+0,54			
8.	6,90	+0,13	5,76	+0,39	5,51	+0,59	+0,67	+0,83	6,15	+1,48			
9.	7,46	+0,69	6,24	+0,87	5,67	+0,75	+0,85	+1,50	6,26	+1,59			
10.	7,06	+0,29	6,00	+0,63	5,69	+0,77	+0,65	+1,02	5,34	+0,67			
11.	7,41	+0,64	5,76	+0,39	4,82	-0,10	-0,30	+0,80	5,56	+0,89			
12.	7,85	+1,08	6,13	+0,76	4,91	-0,01							

Зона 1 (Зона нереста) – март-апрель

Зона 2 (Западно-Шпицбергенская) - май-октябрь

Зона 3 (Медвежинско-Шпицбергенская (Нордкапская)) - май-октябрь

Зона 4 (Баренцевоморская (Мурманско-Новоземельская)) - июнь-октябрь

Zone 1 – Spawning zone (March-April)
Zone 2 - West Spitsbergen (May-October)

Zone 3 - Bear Island - Spitsbergen (North Cape) (May-October)

Zone 4 - Murmansk - Novaya Zemlya (Barents Sea) (June-October)

В модели заложен алгоритм автоматического определения тех или иных промысловых параметров:

- **дата начала промысла** заданной интенсивности на исследуемой акватории;
- **дата окончания промысла** заданной интенсивности на исследуемой акватории;
- **продолжительность промысла** заданной интенсивности на исследуемой акватории;
- средняя за определенный период или посуточная **интенсивность промысла** (вылов, производительность, судосутки лова) на исследуемой акватории;
- **широта** места максимальной интенсивности промысла по вылову, производительности или судосуткам на конкретную дату;
- **долгота** места максимальной интенсивности промысла по вылову, производительности или судосуткам на конкретную дату;
- некоторые производные характеристики промысла.

В качестве входных данных предиктора прогноза в модели используются:

- вектор (направление) приземного ветра над акваторией моря;
- модуль вектора (скорость) приземного ветра над акваторией моря;
- температура воздуха приземного слоя над акваторией моря;
- температура поверхности моря по выбираемому автоматически оптимальному набору точек акватории.

В модели заложен алгоритм обработки данной входной метео и ТПО – информации для расчета необходимых производных параметров. При этом, как метео, так и ТПО – параметры могут иметь (по желанию исследователя) как суточную дискретность, так и помесечную, или быть комбинированными.

Алгоритм прогноза условно можно разбить на 2 основных блока.

Блок выбора лет-гомологов.

Список лет-гомологов составляется по принципу полного или частичного совпадения с текущим годом (годом прогноза) каких-либо их параметров среды имеющих эквивалентные исходы на прогнозируемый период. Чем выше степень совпадения, тем выше «ранг» года-гомолога.

Блок прогностических расчетов.

На каждом рабочем цикле алгоритм сопоставляет рассчитываемый на данный момент промысловый параметр по всему списку лет-гомологов с элементами информативных множеств параметров предиктора, методом интерполяции и экстраполяции производит расчет предиктанта и с помощью корреляционного анализа выбирает наиболее репрезентативные сопоставления по критерию наибольшего коэффициента корреляции и попадания прогнозируемого параметра в разрешенный настройкой модели интервал экстраполяции.

В зависимости от выбранной настройки режима прогноза алгоритм выбирает, или рассчитывает, окончательную величину прогнозируемого промыслового параметра.

Результаты и промежуточные выводы

Мониторинг температурных условий таких важнейших в промысловом отношении акваторий Норвежского и Баренцева морей на основе оперативных

данных, получаемых с ИСЗ, предоставляет специалистам рыбной отрасли широкие возможности использовать спутниковые карты ТПО в своей практической деятельности.

Контроль динамики гидрологических особенностей акваторий за различные периоды времени.

В качестве демонстрационного примера приведем результаты анализа динамики среднесезонных средних значений и аномалий ТПО в зонах нереста и раннего онтогенеза трески (рис. 4), по материалам, представленным в таблице, влияющих на условия обитания и развития поколений трески (Бойцов и др., 2003; Ванюшин и др., 2008), за период 1998-2009 гг. Так, для зоны основного нереста трески (рис. 4) в целом отмечался устойчивый рост ТПО и аномалий ТПО, начиная с 1999 г. до 2006 г. В 1999 г. в зоне 1 среднее значение ТПО было 4,87 °С и значение аномалии ТПО – +0,20 °С, а максимальные значения ТПО и аномалий ТПО наблюдались в 2006-2007 гг., значения температуры воды были 6,15 °С и 6,26 °С и значения аномалий ТПО – +1,48 °С и +1,59 °С соответственно. После 2007 г. в зоне 1 наблюдается небольшое похолодание ТПО и температурные условия вернулись к значениям 2003 г. В зонах 2 и 3 (рис. 4), находящихся под преобладающим влиянием Шпицбергенского и Нордкапского течений, среднесезонная температура воды и ее аномалии, после отмеченного заметного роста с 1998 г. по 2006 г. (табл.), в настоящий период (2007-2009 гг.) находятся, с небольшими отклонениями, на достигнутом к 2006 г. температурном уровне.

Динамика среднесезонных значений ТПО и аномалий ТПО в зоне 4 по годам (1998-2009 гг.) показывает их рост от 1998 г. к 2004 г. и последующее падение этих показателей после 2007 г. (табл.). Значения среднесезонных температур воды и аномалий ТПО в зоне 4 Баренцева моря менялись в «поворотные» годы следующим образом: 1998 г. – $T_{\text{ср.}} = 4,37$ °С, $T_{\text{анм.}} = -0,55$ °С; 2004 г. – $T_{\text{ср.}} = 5,70$ °С, $T_{\text{анм.}} = +0,78$ °С; 2008 г. – $T_{\text{ср.}} = 4,82$ °С, $T_{\text{анм.}} = -0,10$ °С.

Эта важная акватория Баренцева моря (зона 4) находится под преобладающим влиянием Мурманского и Новоземельского течений, и контроль изменчивости ее гидрологических условий осуществляется также с помощью данных, получаемых при выполнении разреза «Кольский меридиан». Спутниковая информация позволяет постоянно иметь сведения о распределении поверхностной температуры на разрезе, что дает возможность рассчитать аномалии ТПО практически за любой период времени и выполнить сопоставление аномалий ТПО, полученных по данным «in situ» и спутниковым данным, с целью выявления наличия связи между этими показателями. Для этого выполнено сопоставление аномалий температуры воды по годам (1998-2008 гг.) на разрезе «Кольский меридиан» для слоя 0-200 м (www.pinro.ru/labs/indexhid.htm?top=hid/kolsec4.php) и среднесезонных аномалий ТПО для этих же лет, вычисленных по спутниковым картам ТПО для зоны прохождения разреза «Кольский меридиан» и Баренцевоморской зоны (зоны 4, табл.).

Графики хода указанных аномалий ТПО, представленные на рисунке 5, показывают тесную связь между этими показателями и возможностью использования спутниковых карт ТПО для оценки, в определенной степени, динамики поверхностной температуры и аномалий ТПО на разрезе «Кольский меридиан».

В целом материалы анализа спутниковых карт ТПО различной временной дискретности позволяют объективно оценивать фоновую температурную ситуацию и динамику температурных условий промысловых районов Северо-Восточной Атлантики (Ванюшин и др., 2005; Ванюшин и др., 2007; Котенев и др., 2004).

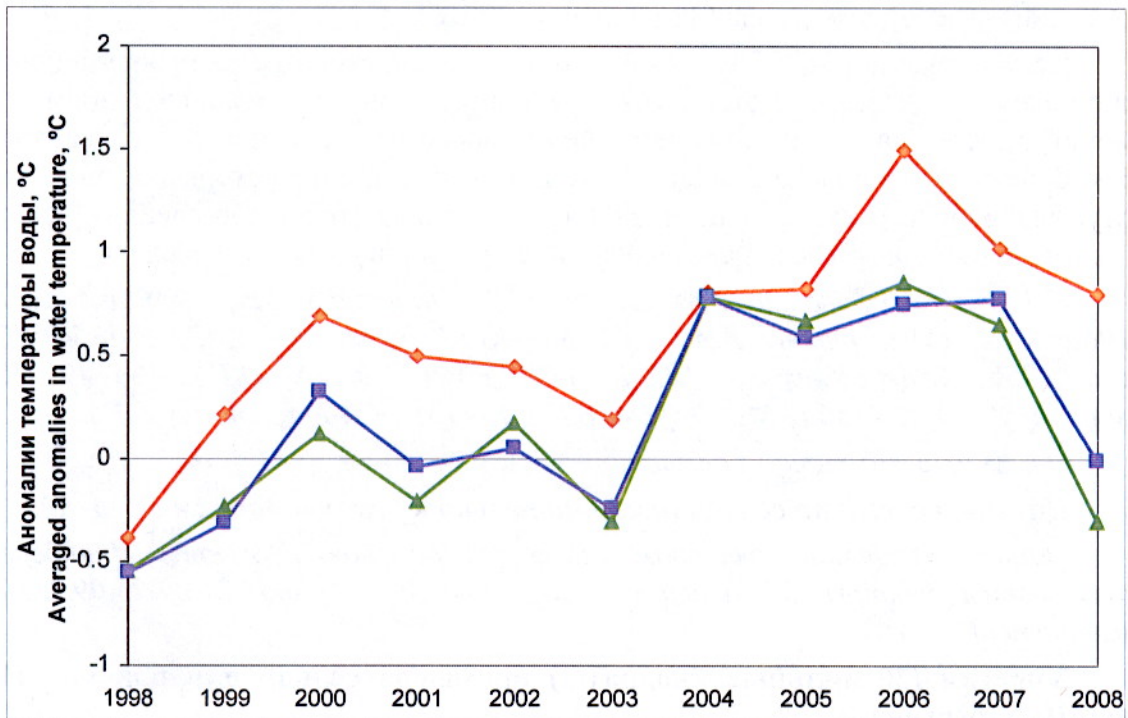


Рис. 5. Сопоставление аномалий температуры по годам на разрезе «Кольский меридиан» и в Мурманско-Новоземельской зоне Баренцева моря (зона 4), полученных с использованием данных ИСЗ и «in situ».

—♦— Среднегодовые аномалии температуры воды на разрезе «Кольский меридиан», рассчитанные для слоя 0-200 м (по данным ФГУП «ПИНРО»).

—▲— Аномалии ТПО, рассчитанные по спутниковым картам по одноградусным квадратам (33-34° в.д.), через которые проходит Кольский меридиан (горизонт 0 м), осредненные за период июнь-октябрь.

—■— Аномалии ТПО, рассчитанные для Баренцевоморской (Мурманско-Новоземельской) зоны раннего онтогенеза трески (зона 4) на горизонте 0 м по спутниковым данным, осредненным за период июнь-октябрь.

Fig. 5. Temperature anomalies (by years) at Kola Meridian and Murmansk-Novaya Zemlya zone of the Barents Sea (zone 4) compared. (Satellite and in situ data).

—♦— Averaged annual anomalies in water temperature at Kola Meridian calculated for 0-200 m (PINRO data).

—▲— SST anomalies based on satellite maps, by 1° squares (33-34°E) where Kola Meridian passes (0 m layer), averaged for June-October.

—■— SST anomalies calculated for Barents Sea (Murmansk-Novaya Zemlya) zone of early ontogenesis of cod (zone 4) at 0 m layer (satellite data averaged for June-October).

Дополнительный информационный ресурс при проведении сырьевых исследований, при разработке синоптических прогнозов.

Положительные результаты использования спутниковых карт ТПО и материалов их анализа при проведении исследований влияния температурных условий на промысловые объекты и формирование промысловой обстановки опубликованы в целом ряде работ (например: Котенев и др., 2004; Шатохин, 1999; Шатохин и др., 2007).

Прямое влияние температурных условий Норвежского и Баренцева морей на формирование урожайности поколений северо-восточной арктической трески отмечено в работах: Бойцов и др., 2003; Ванюшин и др., 2008; Borisov et al., 2009. Сохранение положительных аномалий ТПО в Баренцевом море существенно повлияли на ход мойвенной путины в 2010 г. и траектории миграции мойвы в промысловый сезон этого года (Зиланов и др., 2010).

Использование карт ТПО (3-4 суточной дискретности) в информационных технологиях поддержки принятия решений при управлении промыслом демонстрируется на примере расчета оперативного прогноза наилучших квадратов (их координаты промысла сельди на конкретный период, который выполнен на борту флагманского судна и передан на суда отряда (текст сообщения, рис. 6) с использованием алгоритма представленной в предыдущем разделе модели:

К-1789 (КМД Дувакину В.Ф.), К-1965 (КМД Миронову С.Е., КМН Цирикалс М.), К-1966 КМД (Межерякову А.А.), К-2060 (КМД Решедько И.А.), К-1864 (КМД Рзаеву О.А., КМН Климову А.), К-2147 (КМД Гущину О.Г.), К-1749 (КМД Ромашину А.Н.), К-2156 (КМД Толубяк В.С.), К-2155 (КМД Николаеву Е.Г.).

От К-2073 «Капитан Едемский»

Научный совет по сельди (дополнительно к рекомендациям с берега).

Одни из вероятных для промысла сельди районов НЭЗ, зоны Шпицбергена (указываются центры 30-мильных квадратов) на период 21.09-25.09.2010 г. (численный прогноз).

Участки (30-мильные квадраты) промысла сельди для районов НЭЗ, зоны Шпицбергена.

РАЙОН	НЭЗ - 1			НЭЗ - 2			Шпицберген - 1			Шпицберген - 2		
	ШР	ДЛ	ПРЗ	ШР	ДЛ	ПРЗ	ШР	ДЛ	ПРЗ	ШР	ДЛ	ПРЗ
21.09	71°45'N	16°09'E	80,8	71°27'N	10°57'E	35,1	73°27'N	12°15'E	41,1	73°21'N	13°39'E	42,1
22.09	72°09'N	15°21'E	79,1	71°39'N	11°51'E	34,2	73°39'N	12°21'E	37,6	73°33'N	13°45'E	41,0
23.09	72°39'N	15°21'E	77,0	72°03'N	11°39'E	33,2	73°45'N	13°21'E	40,6	74°03'N	12°33'E	40,9
24.09	72°33'N	15°57'E	81,5	72°03'N	12°03'E	34,8	73°45'N	13°21'E	39,2	73°09'N	13°09'E	40,1
25.09	72°39'N	15°39'E	81,3	72°09'N	11°51'E	32,7	74°03'N	13°27'E	39,7	73°15'N	13°15'E	0,0

Примечание:

1) Нулевые значения в ячейках широт и долгот указывают на то, что промысел в данном районе не ожидается или то, что для прогноза по данному району на указанный период времени не хватает исходных данных.

2) Время начала работы спрогнозированных квадратов фактически может изменяться в пределах плюс-минус сутки, что укладывается в рамки прогностической модели.

3) Фактический район промысла может находиться в смежных к спрогнозированному району квадратах, что так же укладывается в рамки прогностической модели.

4) При анализе и оценке, нанесенных на карте ТПО (рис. 6) предполагаемых районов промысла, рекомендуется уточнять величину вероятности их возникновения по табличным значениям условной производительности (ПРЗ).

Сокращения: ШР – широта места; ДЛ – долгота места; ПРЗ – условная производительность (тонны/сутки) – является характеристикой уровня

ожидаемой производительности промысла, так и надежности прогноза (чем больше ПРЗ, тем выше вероятность прогноза).

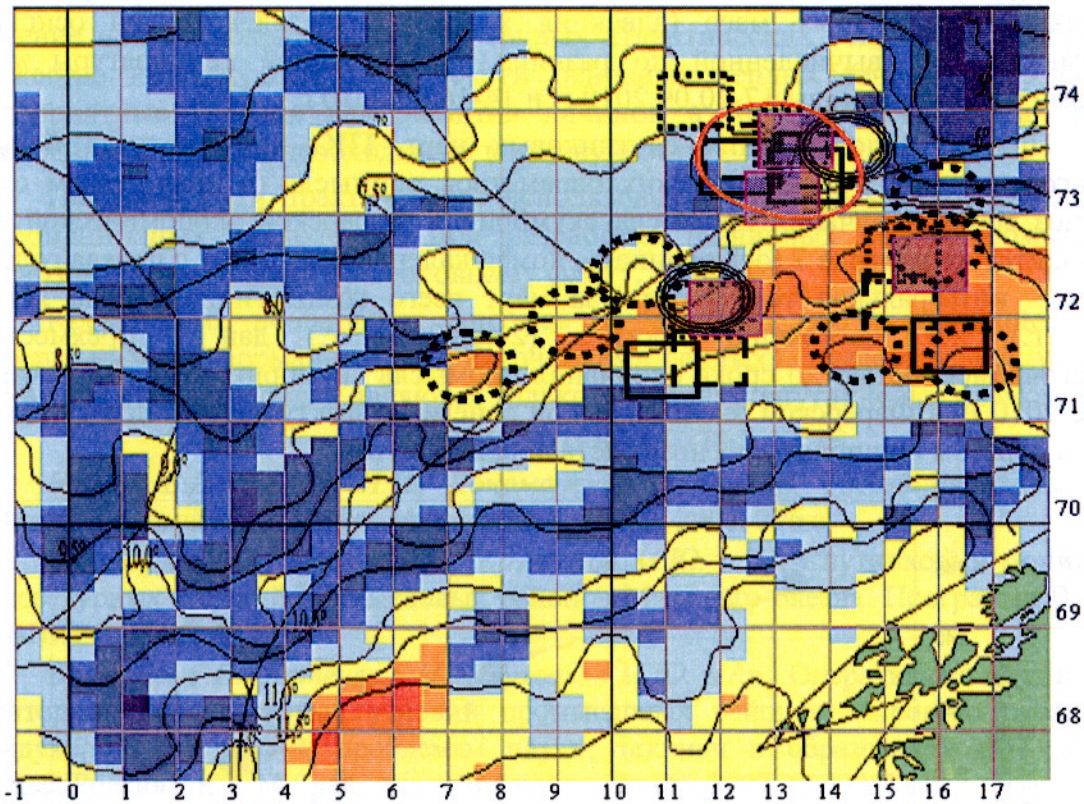


Рис. 6. Анализ термодинамических условий районов промысла сельди и прогноз положения перспективных участков промысла на период 21.09-24.09.2010 г. (НЭЗ, зона Шпицбергена) на основании динамики ТПО, определенной по разнице поверхностной температуры между картами ТПО за периоды 17-20.09.2010 г. и 14-16.09.2010 г.

Прогноз районов предполагаемой миграции сельди:

21.09
 22.09
 23.09
 24.09



прогнозируемые участки промысла, определенные по экспертно-аналитическому методу,



возможные перспективные участки промысла, определяемые компьютерными процедурами по эвристическим правилам,



относительно устойчивый (самый стабильный по объединенным прогностическим расчетам) промысловый район.

Fig. 6. Analysis of thermodynamic conditions in herring fishery grounds and projected position of promising fishing grounds for 21.09-24.09.2010 (Norwegian EEZ, Spitzbergen zone) based on SST dynamics found from the difference in surface temperature between SST maps for 17-20.09.2010 and 14-16.09.2010.

Predicted regions of migration of herring

21.09
 22.09
 23.09
 24.09



projected fishing grounds (based on expert analysis),



potential fishing grounds (based on computer heuristic procedures),



relatively stable (the most stable by integrated prognostications).

Дополнительные пояснения к рисунку 6: участки акватории моря желтых и красных оттенков – районы потепления поверхностных водных масс (адвекция тепла), участки акватории моря синих оттенков – районы похолодания поверхностных водных масс (адвекция холода), определенные на основании динамики ТПО, вычисленной по разнице поверхностной температуры между картами ТПО за периоды 17-20.09.2010 г. и 14-16.09.2010 г.

Пример использования спутниковых карт ТПО для прогноза большой заблаговременности стратегических параметров промысла (в приводимом случае прогноз срока окончания промысла скумбрии в Фарерской экономической зоне) приводится на рисунке 7 (ось ординат – номер календарных суток с начала года; ось абсцис – интегральная температура за март всего гомологичного ряда лет для 2010 г.), т.е. настоящий прогноз (21.08.2010 г.) дан с трехмесячной заблаговременностью до срока окончания промысла скумбрии, который начался в июне 2010 г. в Фарерской экономической зоне и по факту закончился 19 августа. Таким образом «ошибка» прогноза составила 2-ое суток.

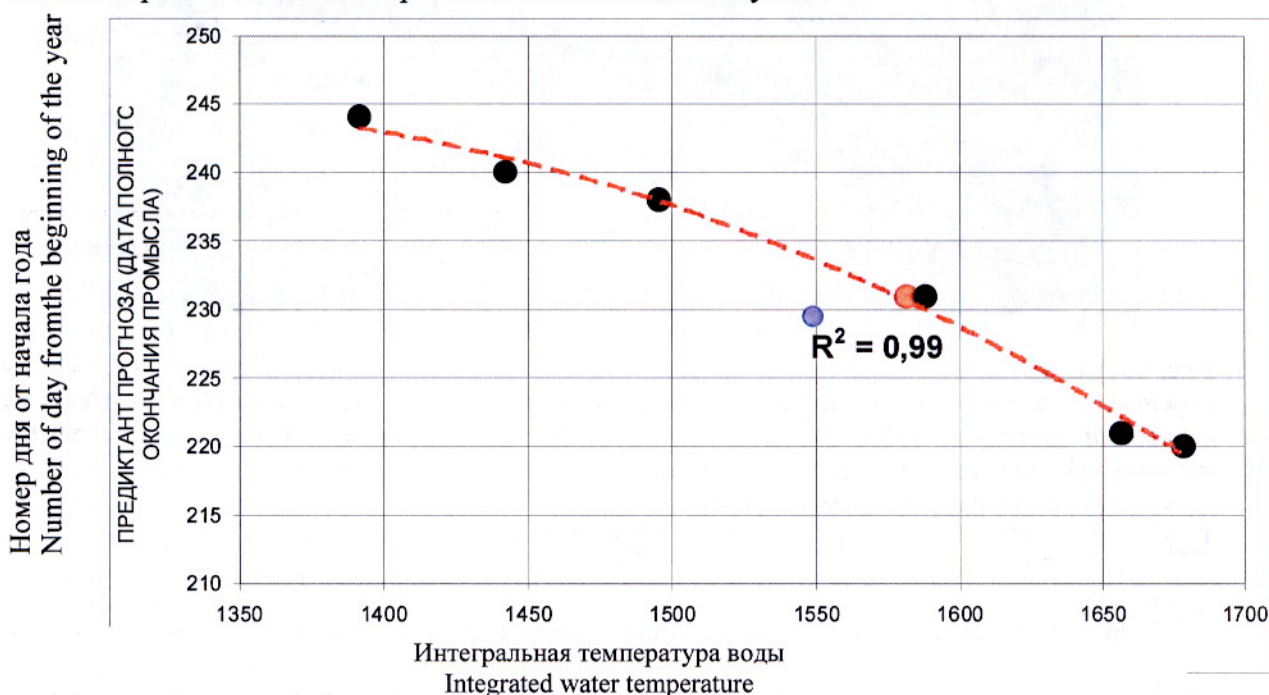


Рис. 7. Прогноз срока окончания промысла скумбрии в Фарерской экономической зоне на основе интегральной температуры воды за март (на основе сравнения с рядом гомологичных годов) для 2010 г.

- – дата прогноза окончания промысла (21.08.2010 г.),
- – среднестатистическая дата окончания промысла (сравнение с гомологичными годами),
- – дата реального окончания промысла (19.08.2010 г.).

Fig. 7. Forecasted date of termination of mackerel fishing in Faroese EEZ based on integrated water temperature in March (compared to homologous years) for 2010.

- – predicted date of termination of fishing (21.08.2010),
- – mean statistical date of termination of fishing (compared to homologous years),
- – date of actual termination of fishing (19.08.2010).

В целом, все представленные материалы и расчеты температурных характеристик, выполненные на основе анализа спутниковых карт ТПО, для акваторий Норвежского и Баренцева морей предназначены, исходя из потребностей рыбной отрасли, для оценки вклада океанологических факторов (в данном случае:

фоновой температуры, средних значений ТПО и аномалий ТПО) на условия нереста, выживания, развития и путей миграций промысловых видов рыб.

Так, например, аномалии ТПО, в значительной мере, характеризуют усиление или ослабление адвекции теплых атлантических вод, которые образуют множество круговоротов вдоль струй основных теплых течений, что создает благоприятные условия для развития личинок и молоди промысловых рыб и обеспечивают для них необходимую кормовую базу.

Показаны пути практического использования различных видов карт ТПО в информационных технологиях при разработке различных видов промысловых прогнозов и рекомендаций рыболовному флоту.

Кроме того, необходимо еще раз подчеркнуть, что в настоящее время непрерывными информационными источниками данных о температурных условиях в промысловых акваториях являются только материалы спутниковых съемок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бойцов В.Д., Лебедь Н.И., Пономаренко В.П. и др. Треска Баренцева моря: биология и промысел. Изд. 2-е. Мурманск: ПИНРО, 2003. 296 с.

Ванюшин Г.П., Котенев Б.Н., Кружалов М.Ю. и др. Спутниковый мониторинг температурных условий промысловых районов Мирового океана. Программа ВНИРО. М.: ВНИРО, 2005. 48 с.

Ванюшин Г.П., Котенев Б.Н., Кружалов М.Ю. и др. Оперативный спутниковый мониторинг температурных условий промысловых районов Мирового океана. Тр. Международ. форума по проблемам науки, техники и образования (4-7 декабря, Москва, Россия), т. 2, М.: изд. Академия наук о Земле, 2007. С. 111-113.

Ванюшин Г.П., Котенев Б.Н., Борисов В.М. и др. Температурные условия Баренцева и Норвежского морей как важный фактор колебаний урожайности поколений северо-восточной арктической трески *Gadus morhua* // Сб.: Вопросы промысловой океанологии, 2008. Вып. 5. №1. М.: ВНИРО, 2008. С. 134-150.

Зиланов В.К., Клочков Д.Н., Шатохин Б.М. Мойвенная путина 2010 г. в Баренцевом море: плюсы и минусы // Рыбное хозяйство, 2010. №4. С. 26-27.

Котенев Б.Н., Ванюшин Г.П., Шатохин Б.М., Клочков Д.Н. Информационные технологии обеспечения морских сырьевых исследований и управления промыслом на основе использования спутниковой информации в синоптическом диапазоне исследования. Сб. тезисов «Математическое моделирование и информационные технологии в исследованиях биоресурсов Мирового океана». Владивосток, ТИПРО-Центр, 14-17 сентября 2004 г. С. 81-83.

Шатохин Б.М. Результаты исследования влияния гидрометеорологических циклов на формирование промысловой обстановки. Тез. док. XI Всерос. конф. по промысл. океанографии. Калининград, 1999. С. 101.

Шатохин Б.М., Гомонов А.Д., Гула Е.И. и др. Синоптический экосистемный мониторинг, как методологическая основа сырьевых исследований в Северо-Восточной Атлантике. Сб.: Итоги применения новых технологий при оценке биоресурсов Северо-Восточной Атлантики. Международная специализированная выставка «Море. Ресурсы. Технологии – 2007», Мурманск-Москва, 2007. М.: ВНИРО, 2007. С. 7-32.

Borisov V.M., Vanyushin G.P., Kotenev B.N. et al. Satellite monitoring of SST for forecasting of northeast Arctic cod year-class strength. ICES 2009 Annual Science Conference 21-25 September Berlin, Germany, ICES, CM 2009 Documents ASC Edition, ICES CM 2009/K:01, 23 pp.

www.pinro.ru/labs/indexhid.htm?top=hid/kolsec4.php

MAPS OF SST SATELLITE MONITORING IN THE NORWEGIAN AND BARENTS SEAS AS A SUPPLEMENTARY RESOURCE OF INFORMATION FOR FORECASTING SITUATIONS IN FISHERIES

© 2010 y. G.P. Vanyushin¹, B.N. Kotenev¹, B.M. Shatokhin², A.A. Troshkov¹, M.Yu. Kruzhlov¹, A.I. Dobrovolskiy², T.V. Bulatova¹

1 - All-Russia Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow

2 - NPK «Morskaya informatika»

Assessment of the condition and temperature dynamics in the fishing regions of the Norwegian and Barents Seas is being facilitated by the maps of various time scale (3-4 days, week, month, season, year) based on SST satellite monitoring data. Digital and analogue SST map database established at VNIRO since 1987 is used as an additional information resource for the analysis and forecast of the fishery situation, for detecting years with the same pattern of temperatures as in the current period. Operational SST maps averaging 3-4 day and weekly data are being used for prognostication models supporting seasonal mackerel, herring, blue whiting, capelin and redfish fisheries.

Key words: the Norwegian and Barents Seas, satellite data, water temperature, SST map bank, monitoring of environmental variations, simulation of fishery situation.