

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОХОТСКОГО МОРЯ В 2004 г.

Фигуркин А.Л., Жигалов И.А., Лобода С. В.
(ТИНРО-центр)

Охотское море является одной из самых рыбопродуктивных акваторий Мирового океана – это традиционный район промысла минтая, сельди, наваги, камбал, тихоокеанских лососей, крабов и многих других видов рыб и беспозвоночных. Исследования показали, что, несмотря на высокие антропогенные нагрузки на морские экосистемы, многолетняя динамика доминирующих объектов находится под приоритетным влиянием климато-океанологических процессов (Шунтов, Бочаров и др., 2003). Важнейшей задачей океанологического мониторинга Охотского моря, осуществляемого ТИНРО-центром в последние два десятилетия, является оценка текущей океанологической ситуации на фоне климатических изменений режима вод и своевременное отслеживание тенденций их развития.

В апреле-июне 2004 г. были проведены океанологические съемки на шельфе западной Камчатки и в заливе Шелихова, а также в районах северо-охотского шельфа и восточного Сахалина (рис.1-А). В июле-октябре съемки в этих районах были повторены, в южной части Охотского моря работы выполнялись с 14.10 по 04.11.04 г. (рис.1-Б). Всего в охотоморских экспедициях на НИС «Профессор Кагановский» в 2004 г. было выполнено 700 океанологических станций.

Океанологические наблюдения осуществлялись методом CTD зондирования от поверхности до горизонта 1000 м (до дна - при глубинах менее 1000 м). Использовался зонд “SBE-25 Sealogger” с пробоотборником “SBE-32 Carousel Water Sampler”, управляемый в режиме реального времени через палубный блок “SBE-33”. При анализе межгодовой изменчивости термического режима вод использовались данные подобных океанологических съемок, выполненных ТИНРО-центром в 1995-2004 гг. в северной части моря.

Особенности термики и динамики деятельного слоя вод Охотского моря тесно связаны с предшествующими зимними метеосиноптическими условиями бассейна. Важным индикатором последних является интенсивность и положение Алеутского барического минимума.

В январе-феврале 2004 г. центр Алеутского минимума прослеживался на 300-400 миль восточнее среднемноголетнего положения, из-за чего западная часть Охотского моря находилась под влиянием северо-западных выносов холодного континентального воздуха. В результате среднемесячные аномалии температуры воздуха над северо-западной частью моря доходили до минус 3-6°C, тогда как, над северной и восточной частями моря

господствовали выносы воздушных масс со стороны Берингова моря, с положительными аномалиями 1-2°C. В марте-апреле в результате смещения Алеутского минимума к южному побережью п-ова Камчатка уже вся акватория Охотского моря находилась под влиянием выносов умеренно-теплых воздушных масс.

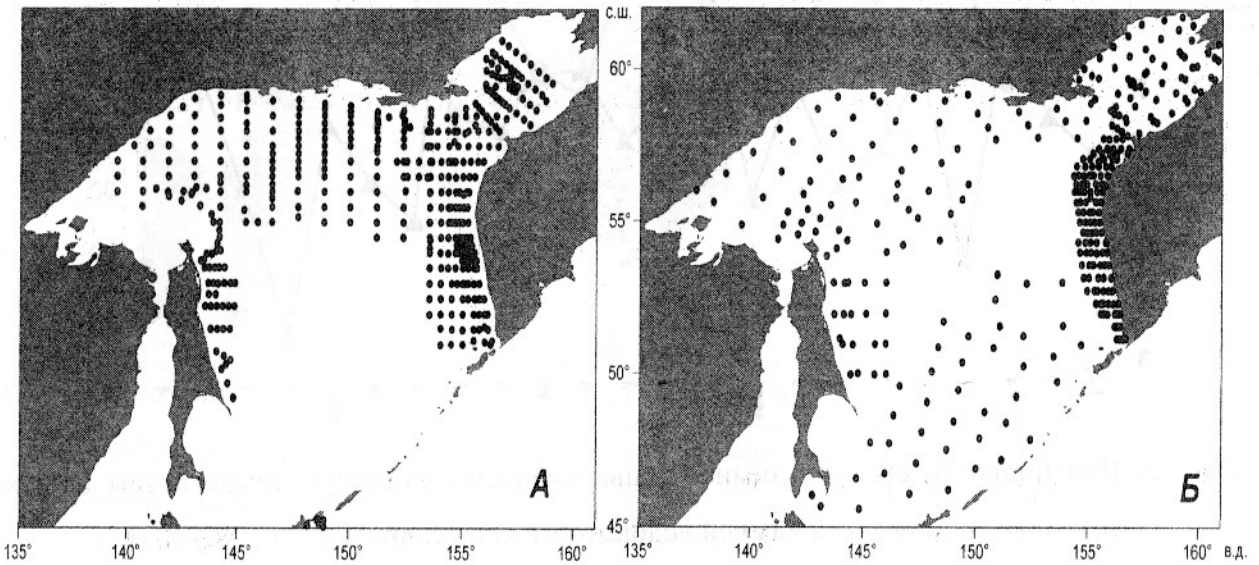


Рис. 1 Схема океанологических станций: А - весна 2004 г., Б - осень 2004 г.

Летом 2004 г. погодно-климатические условия в Охотском море определялись влиянием в равной степени дальневосточной депрессии и северо-тихоокеанского гребня, с которым обычно связано ослабление ветрового режима. С мая по сентябрь над Охотским морем отмечались отрицательные аномалии приземного давления (минус 2-3 мбар), свидетельствующие об ослаблении северо-тихоокеанского гребня, в зоне которого аномалии доходили до минус 3-6 мбар. Первую половину лета доминировали юго-западные ветра, сменившиеся в конце лета на юго-восточные. Над южной частью моря температура воздуха была чуть выше нормы, над северной половиной моря чаще наблюдались небольшие отрицательные аномалии температуры воздуха. В целом активность летнего муссона над Охотским морем в 2004 г. находилась на уровне “нормы”, но при этом южный муссон над Охотским морем сохранялся до самого конца сентября – несколько дольше обычного.

На рисунке 2 показан многолетний ход средних за зиму значений аномалий температуры воздуха над всей северной частью (севернее 54° с.ш.) Охотского моря и ход среднезимних значений ледовитости (площади, занятой льдом, в процентах от общей площади моря).

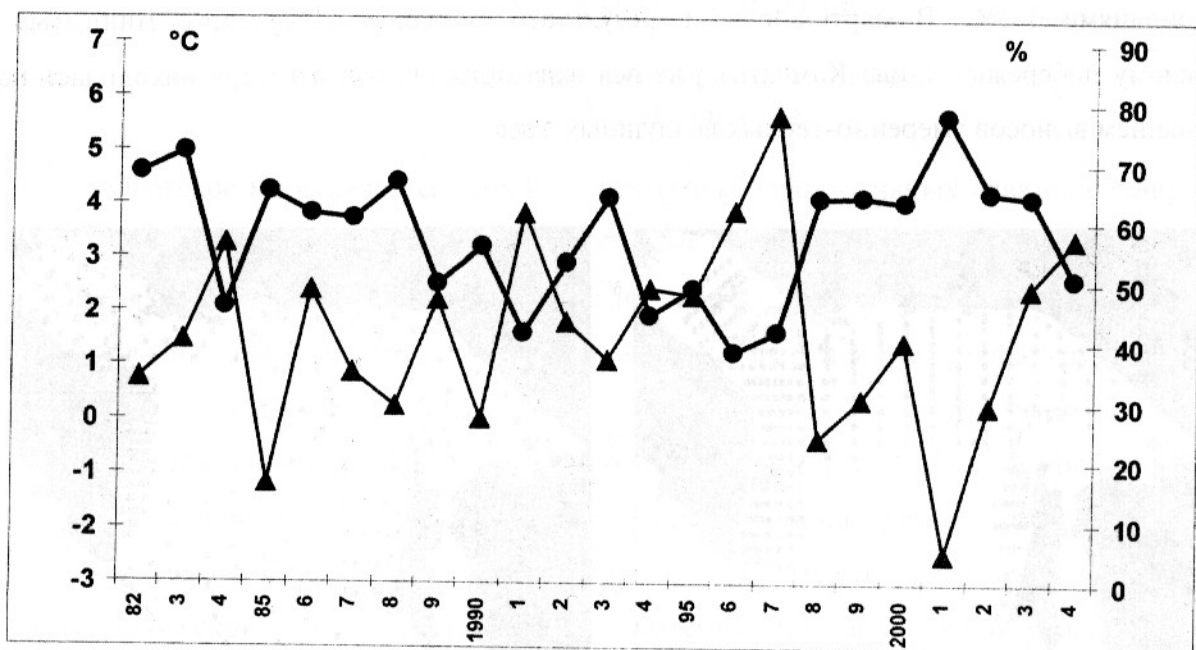


Рис. 2. Изменчивость средней зимней (январь-апрель) аномалии температуры воздуха (треугольник) и средней зимней ледовитости Охотского моря в 1982-2004 гг.

В Охотском море в период с 1985 по 1997 год отмечалась аномально длительная тенденция уменьшения ледовитости, сопровождавшаяся постепенным ростом средnezимних значений температуры воздуха. Зимы 1996 и 1997 годов стали самыми малоледовитыми за историю ледовых наблюдений и характеризовались самыми высокими положительными аномалиями температуры воздуха. Начиная с 1998 года, наблюдался рост ледовитости, при этом в 2001 г. отмечался максимум в ее многолетних изменениях (в феврале-марте значения ледовитости достигали 97–98 %). В последующие годы отмечалась фаза уменьшения ледовитости в 6-8 летнем цикле. Ледовые условия в 2004 г. характеризовалась как «малоледовитые», ледовитость в период ее максимального развития в феврале-марте не превышала 62 % (при среднем значении 72.4 %). Средnezимнее значение аномалии температуры воздуха в 2004 году составило 3.4°C, что лишь немногим меньше, чем в аномально теплые зимы 1996 (3.8°C) и 1997 гг. (5.8°C). Весной 2004 г. интенсивно проходили процессы разрушения льда: формирование прибрежных полыней, освобождение ото льда побережья западной Камчатки, большей части залива Шелихова и северо-западной части моря произошло на две-три декады раньше средних сроков.

Поле геострофических течений весной 2004 года (рис. 3) характеризовалось рядом черт, типичных для малоледовитых зим: хорошо прослеживались Северная и Срединная ветви Западно-Камчатского течения, на шельфе западной Камчатки отсутствовало

Компенсационное течение, рано начали формироваться Ямское и восточная часть Северо-Охотского течения (Фигуркин, 1997).

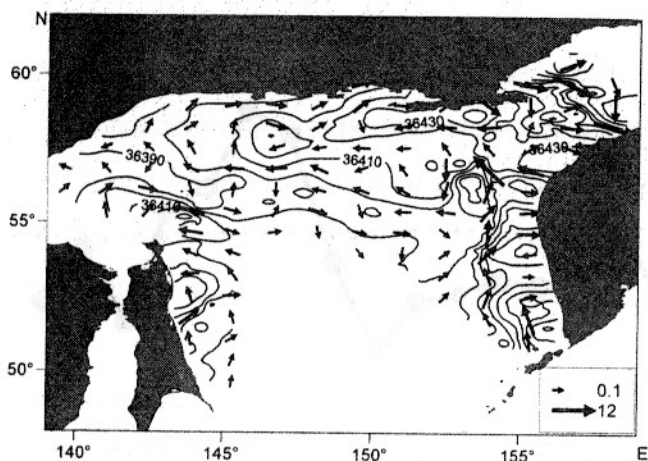


Рис. 3. Геострофическая циркуляция вод на горизонте 0 м весной 2004 г. (относительно поверхности 500 дбар). Стрелками обозначены вектора течений, изолинии - динамические высоты.

Перенос вод Западно-Камчатским течением в слое 0-200 м (между 153° в.д. и западной Камчаткой) весной 2004 г. составил 0.20 млн. куб. м/с, что меньше среднего значения за период 1984-2004 гг., равного 0.33 млн. куб. м/с (рис. 4). За указанный период наблюдений отмечалось два цикла относительно высокой интенсивности переноса вод в слое 0-200 м длительностью три-четыре года: 1984-1986 и 1996-1999 гг. Интенсификация переноса вод Западно-Камчатским течением приводила к повышению теплосодержания, заметному для вод всей северной части моря, лишь в 1996 и 1997 годах, когда отмечалась также и аномально низкая ледовитость всего моря. В 1998-1999 гг. относительно высокие значения переноса вод Западно-Камчатским течением наблюдались уже в период повышенной ледовитости моря. В целом же в течение всего периода интенсификации переноса вод в 1996-1999 гг. на свале глубин западной Камчатки (изобаты 200-500 м) отмечались повышенные значения придонной температуры (табл. 1).

Анализ таблицы 1 А-В показывает, что «мягкие» гидрометеорологические условия зимой-весной в 2003-2004 гг. сопровождалось относительно слабым выхолаживанием собственно охотоморских вод и постепенным увеличением теплосодержания промежуточных охотоморских вод. За пределами шельфа толщина слоя вод, выхолаженных до отрицательной температуры, весной 2004 г. была на 50-100 м меньше среднееголетнего значения. На шельфе положительные аномалии температуры доминировали на горизонтах глубже 100 м, а за пределами шельфа - во всей подповерхностной толще вод от 50 до 500 м.

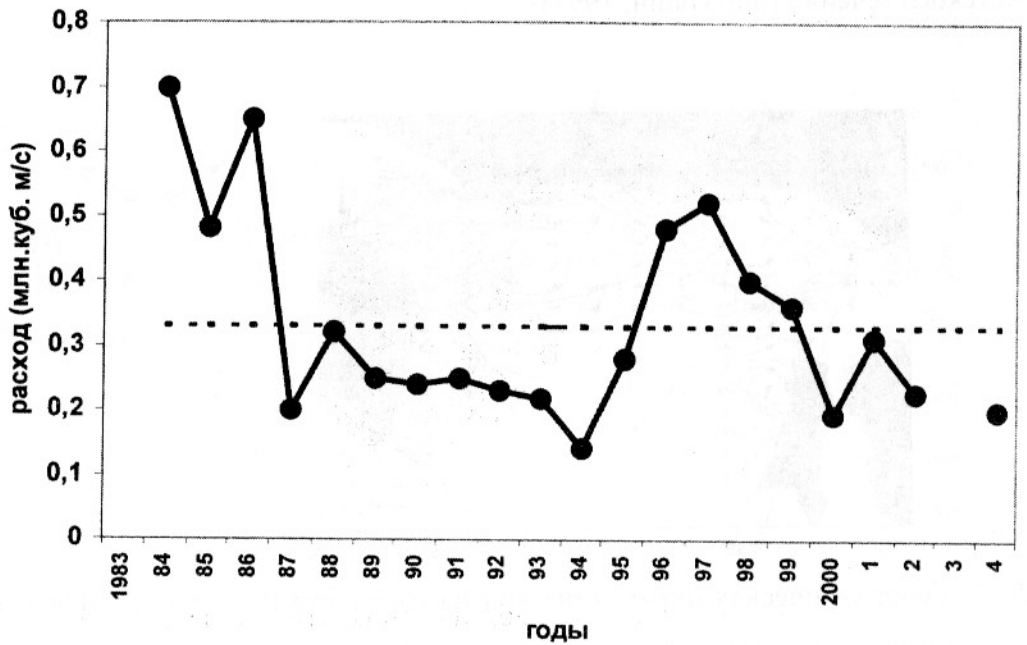


Рис. 4 Многолетний ход переноса вод Западно-Камчатским течением в слое 0-200 м (млн. куб. м/с), апрель 1989-2004 гг. Пунктир – среднее значение.

В летне-осенний период 2004 г. схема геострофических течений на поверхности моря (рис. 5) была близка известным представлениям о горизонтальной циркуляции вод (Морошкин, 1966; Чернявский, 1981; Лучин, 1987). В это время года в северной части моря были хорошо выражены Западно-Камчатское, Ямское, Северо-Охотское и Амурское течения, южная часть моря характеризовалась антициклонической завихренностью вод Курильской котловины.

В результате летне-осеннего распреснения и прогрева шельфовых вод вдоль п-ва Камчатка, у северных берегов моря и северо-западнее о-ва Сахалин от поверхности до дна сформировались температурные и соленостные фронты и соответствующий им перепад плотности, способствующий усилению прибрежных частей Западно-Камчатского, Северо-Охотского и Восточно-Сахалинского течений.

На западнокамчатском шельфе, где повторная съемка выполнялась в августе, значения придонной температуры воды между изобатами 100 и 200 м были, как и в апреле 2004 г., несколько выше среднего, но не выходили из границ класса «норма». На глубинах менее 100 м, где в апреле доминировали отрицательные аномалии, температура водной толщи и придонного слоя также повсеместно превысила среднемноголетние значения и попадала на разных участках в класс «норма» либо «умеренно теплый». Для таких лет на шельфе Западной Камчатки характерно отсутствие в «придонном пятне холода» отрицательных значений температуры воды. В желобе залива Шелихова термические

условия придонных вод в августе 2004 г., так же как и весной, характеризовались, как «теплые». На шельфе залива отмечалось потепление: отрицательные аномалии сменились на положительные.

Известно, что многие особенности термических условий вод северной части Охотского моря формируются в зимний период; зависят, в основном, от интенсивности процессов охлаждения в конкретные годы; от адвекции тепла тихоокеанскими водами и сохраняются на протяжении долгого периода времени (Чернявский, 1992). В теплое время года этому способствует хорошо выраженный слой сезонного пикноклина, препятствующий поступлению тепла на горизонты глубже 30-40 м.

Таблица 1-А.

Значения придонной температуры ($^{\circ}\text{C}$), осредненной в указанных интервалах изобат вдоль южного района западной Камчатки, 51-54 $^{\circ}$ с.ш.

Год\изо-баты	50-75	75-100	100-125	125-150	150-200	200-250	250-300	300-400	400-500
1996	-0.78	- 0.36	0.14	0.87	1.25	1.63	1.79	1.91	2.03
1997	<u>0.53</u>	<u>0.85</u>	<u>1.09</u>	<u>1.44</u>	<u>1.76</u>	<u>1.99</u>	<u>2.04</u>	<u>2.12</u>	<u>2.20</u>
1998	-0.92	- 0.59	-0.34	0.26	1.06	1.75	1.96	2.07	2.17
1999	-1.34	- 1.12	-0.65	-0.10	0.37	1.23	1.59	1.93	2.20
2000	-0.86	- 0.85	-0.86	-0.56	0.16	1.04	1.38	1.79	2.00
2001	-0.80	- 0.92	-0.87	-0.46	0.13	1.02	1.36	1.68	1.94
2002	-0.76	- 0.30	0.18	0.61	1.08	1.49	1.64	1.77	1.91
2004	-0.73	- 0.39	-0.05	0.60	1.20	1.66	1.81	1.95	2.06
ср.многол	-0.60	- 0.39	-0.09	0.38	0.85	1.44	1.65	1.82	1.96

В данной работе, для характеристики межгодовой изменчивости термического состояния вод северо-охотоморского шельфа, были рассчитаны средние значения

температуры и солёности воды на горизонте 100 м и их аномалии (рис. 6). Осреднение производилось для акватории шельфа северной части моря, заключенной между изобатами 100 и 200 м, в пределах акватории весенних и осенних океанологических съёмок, выполняемых в экспедициях ТИНРО-центра в 1997 – 2004 гг. Для оценки связности гидрологических процессов рассчитывались коэффициенты корреляции ($K_{кор}$) между их сезонными значениями и выделялись статистически значимые связи (выше 95% уровня значимости).

Таблица 1-Б

Значения придонной температуры ($^{\circ}\text{C}$), осредненной в указанных интервалах изобат вдоль центрального района западной Камчатки, 54-56 $^{\circ}$ с.ш.

Год\изо-баты	50-75	75-100	100-125	125-150	150-200	200-250	250-300	300-400	400-500
1996	-0.62	0.11	-0.20	0.32	0.73	1.15	1.30	1.58	1.74
1997	<u>0.24</u>	<u>0.69</u>	<u>0.89</u>	<u>1.30</u>	<u>1.36</u>	<u>1.46</u>	<u>1.55</u>	<u>1.69</u>	<u>1.83</u>
1998	-1.60	-1.41	-1.44	-0.72	-0.64	0.19	1.29	1.48	1.68
1999	-1.48	-0.99	-1.07	-0.52	-0.08	0.61	1.26	1.52	1.81
2000	-1.04	-1.09	-0.88	-0.88	-0.83	-0.34	0.42	0.87	1.29
2001	-1.01	-1.17	-1.08	-1.03	-1.00	-0.33	0.86	1.09	1.32
2002	-0.99	-0.62	-0.48	0.05	0.34	0.70	0.77	0.95	1.31
2004	-0.86	-0.33	-0.27	0.45	0.58	0.74	1.11	1.51	1.68
ср.многол.	-0.79	-0.51	-0.50	-0.13	0.09	0.51	1.06	1.30	1.60

В ходе аномалий температуры весенних съёмок существенно выделялась только весна «аномально теплого» 1997 года, в остальные годы температура вод на горизонте 100 м данной акватории шельфа была близка к предельно низким значениям точки замерзания. Ход аномалий температуры по данным осенних съёмок обнаруживает некоторую тенденцию к потеплению, которая в значительной степени определяется относительно небольшим выхолаживанием шельфовых вод в течение последних зим 2003 и 2004 гг.

Многолетние изменения солёности шельфовых вод происходили более согласовано, если сравнивать их весенние и осенние значения ($K_{кор} = 0.79$). Наиболее высокий фон значений солёности наблюдался весной и осенью после ледовитых зим 1998

и 2001 гг., после малоледовитой зимы в 2004 году отмечались относительно низкие значения солености. Это связано с тем, что соленость подповерхностных и придонных вод шельфа тесно связана с интенсивностью зимних процессов охлаждения и осолонением вод при льдообразовании, а сформированные в этот период особенности распределения солености сохраняются вплоть до нового цикла охлаждения вод.

Таблица 1-В

Значения придонной температуры ($^{\circ}\text{C}$), осредненной в указанных интервалах изобат вдоль северного района западной Камчатки, 56-58 $^{\circ}$ с.ш.

Год\изобаты	50-75	75-100	100-125	125-150	150-200	200-250	250-300	300-400	400-500
1996	-0.52	- 0.12	0.17	0.25	0.44	0.93	1.14	1.41	1.59
1997	<u>-0.42</u>	<u>0.11</u>	<u>0.68</u>	<u>0.72</u>	<u>0.99</u>	<u>1.25</u>	<u>1.36</u>	<u>1.49</u>	<u>1.65</u>
1998	-1.63	- 1.58	-1.30	- 1.12	-0.32	0.56	0.92	1.26	1.58
1999	-1.27	- 1.31	-1.21	- 1.01	-0.88	0.08	0.67	1.07	1.11
2000	-1.30	- 1.26	-1.18	- 0.89	-0.66	0.07	0.41	0.79	1.20
2001	-0.61	- 0.70	-0.68	- 0.57	-0.59	-0.19	0.05	-0.04	-0.02
2002	-1.03	- 0.90	-0.64	- 0.34	0.09	0.54	0.74	0.86	1.04
2004	-1.15	- 0.81	-0.59	- 0.56	-0.52	0.01	0.49	1.18	1.53
ср.многол.	-0.83	- 0.72	-0.54	- 0.22	-0.25	0.37	0.72	0.98	1.22

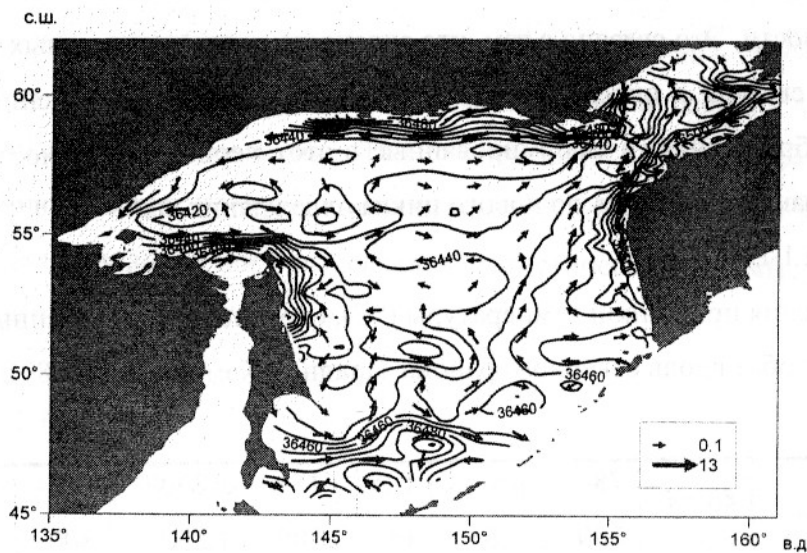


Рис. 5 Геоострофическая циркуляция вод на горизонте 0 м осенью 2004 г. Стрелками показаны вектора течений, изолинии - динамические высоты (относительно поверхности 500 дбар).

Изменения температуры и солености от весны к осени имели противоположное направление. По-видимому, сезонное потепление подповерхностных вод с одновременным уменьшением солености происходит, прежде всего, в результате и вертикального теплообмена с более теплыми и распресненными поверхностными водами и за счет бокового теплообмена с прибрежными водами. Тогда как влияние относительно теплых и соленых глубинных вод тихоокеанского происхождения на термохалинное состояние вод шельфа северной части моря в этот период менее значительно.

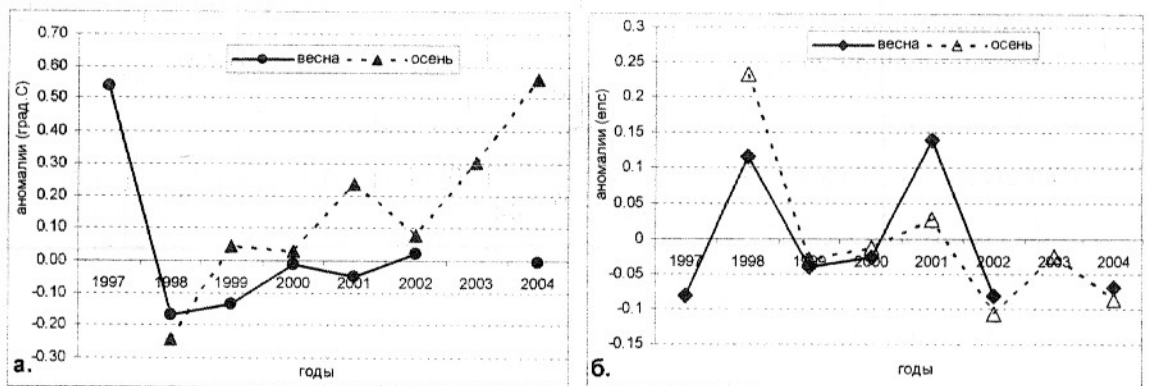


Рис.6 Многолетний ход: а - аномалии температуры (°C), б – аномалии солености (пс) вод северо-охотского шельфа на горизонте 100м; весной (сплошная) и осенью (пунктир) 1997-2004 гг.

Уменьшение ледовитости в последние два года и повышение температуры шельфовых вод сказалось на распределении гидробионтов, в частности, на распределении сельди в период ее нагула, представленном на фоне значений температуры придонных вод (рис. 7). Ранее В.И. Чернявским (Чернявский, 1970) было установлено, что в притауйском районе благоприятные условия для нагула сельди тесно связаны со схождением вод различного происхождения и формированием гидрологического фронта, отчетливо выраженного с середины июня до середины ноября. Нагульный ареал сельди в 60-70 годы прошлого столетия ограничивался мористой границей фронтального раздела,

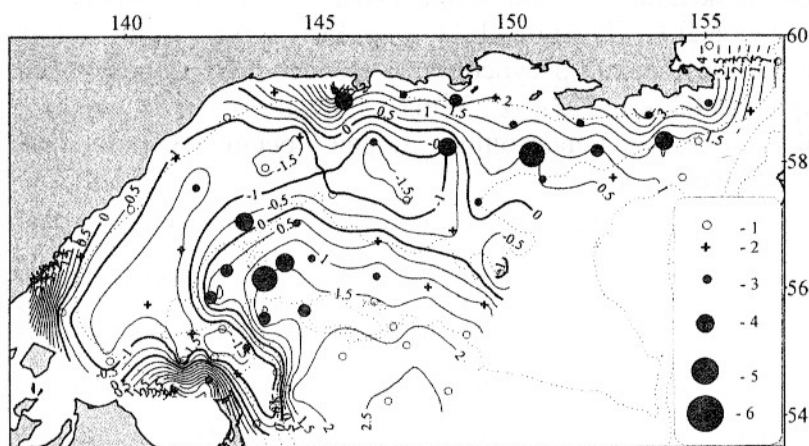


Рис.7. Температура придонных вод (изолинии, °С) и распределение уловов нагульной сельди (тонн/час траления) осенью 2004 года.

за которую принималось положение изотермической поверхности минус 1°С во внутренней области северо-охотского «ядра холода» и которую сельдь пересекала исключительно редко. В последние годы высокие концентрации нагульной охотской сельди были обнаружены не только в Притауйском, но и в Ионо-Кашеваровском районе. В 2004 году, по сравнению с пятью предыдущими годами, в обоих районах отмечался общий сдвиг прибрежной границы ареала нагуливающейся сельди в сторону берега. При этом осенью 2004 года наблюдалось значительное смещение границ ее скоплений на запад (до 145°в.д.), соответствующее распространению термохалинной фронтальной зоны и динамического фронта вдоль северных берегов моря. В обоих районах распространение основных концентраций сельди ограничивалось изотермической поверхностью минус 1°С, небольшие уловы были получены и при более низких значениях температуры вод.

Литература

Жигалов И.А. «Характеристика и особенности океанологических условий северо-охотоморского шельфа осенью 2004 г. // Изв. ТИНРО . 2005. Т-142. С. 203-213.

- Лучин В.А. Циркуляции вод Охотского моря и особенности ее внутригодовой изменчивости по результатам диагностических расчетов // Тр. ДВНИИ, 1987, вып.36, с.3-1
- Морошкин К.В. Водные массы Охотского моря. – М: Наука, 1966, 68 с.
- Фигуркин А.Л. Циркуляция вод западно-камчатского шельфа весной 1983-1995 гг. // Комплексные исследования экосистемы Охотского моря. М.: ВНИРО, 1997, с.25-29.
- Чернявский В.И. Гидрологический фронт северной части Охотского моря. Изв. ТИНРО. - 1970. - Т. 71. - С. 3-11.
- Чернявский В.И. Циркуляционные системы Охотского моря // Изв. ТИНРО, 1981, Т.105, с.13-19.
- Чернявский В.И. Особенности формирования термики деятельного слоя Охотского моря // Океанологические основы биологической продуктивности вод северо-западной части Тихого океана. – Владивосток: ТИНРО, 1992, с. 91-104.
- Шунтов В.П., Бочаров Л.Н, Дулепова Е.П. и др. Результаты мониторинга и экосистемного изучения биологических ресурсов дальневосточных морей России (1998-2002 гг.)// Изв. Тинро. - 2003. - Т. 132. – С. 3-26.
- Шунтов В.П. Биология дальневосточных морей России. Владивосток. Изд-во ТИНРО, 2001. Т. 1,- 579 с.