

Спутниковый мониторинг антициклонических вихрей в районе южных Курил, их влияние на динамику и промысел

Н.В. Булатов, Е.В. Самко, Е.О. Басюк

*Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ТИНРО-Центр),
690950, г. Владивосток, переулок Шевченко, 4
E-mail: samko@tinro.ru*

По спутниковым ИК-изображениям и данным спутниковой альтиметрии рассмотрена эволюция антициклонического вихря, вышедшего в район южных Курил в 2000 г. Для анализа структуры вихря привлекались океанологические данные двух гидрологических разрезов, пересекающих вихрь. Вихрь прослеживался во всей рассматриваемой 1000-метровой толще вод. Максимальные геострофические скорости в вихре, рассчитанные по океанологическим данным составляли 23-38 см/с и наблюдались в слое 70-120 м. При этом скорость в вихре на поверхности по данным спутниковой альтиметрии достигала 70 см /с. Рассмотрена термохалинная структура вихря. Мониторинг антициклонических вихрей в Южно-Курильском районе позволил выделить три периода с различным положением крупных (90 миль и более) антициклонических вихрей в Южно-Курильском районе. В периоды 1999 -2000 гг. и 2004-2005 гг. вихри в сентябре - ноябре занимали северное положение так, что их северные края (фронты) выходили севернее 43° с. ш. и служили участками Субарктического фронта. В период 2001-2003 гг. крупные антициклоны, в указанные месяцы занимали южное положение, не выходя севернее 42° с.ш. и образуя южную ветвь Субарктического фронта, севернее их (восточнее о. Хоккайдо) оставалась теплая область антициклонического меандра северной ветви Субарктического фронта. При северном положении антициклонических вихрей более развитой является вторая ветвь Ойясио (стрежень течения отклоняется вихрями на восток), а при южном — первая.

Влияние вихрей на условия нагула сайры и промысел зависит не только от их динамического воздействия, но и от того, какого происхождения воду они несут. Рассмотрены особенности распределения промысла при различных океанологических ситуациях.

Введение

Многолетний анализ судовых и спутниковых изображений позволяет утверждать, что взаимодействие холодного течения Ойясио (несущего субарктические воды) с антициклоническими вихрями несущими трансформированную субтропическую воду, является основным процессом, формирующим условия в районе промысла рыб (например, сайры и кальмара.) [1]. Возможны три основных варианта: более развитой, чем другие ветви Ойясио является первая (прибрежная), вторая (146-147° в. д.) или третья (150-152° в. д.) ветви течения. Соответственно, меняются пути миграций и районы нагула рыб и кальмаров. Мониторинг движения теплых вихрей и развития ветвей Ойясио позволяет прогнозировать гидрологические условия в нужных районах с месячной, квартальной и годовой заблаговременностью.

В течение длительного времени основным и единственным средством океанологических исследований были судовые глубоководные (контактные) наблюдения. При всех их достоинствах они не обладают достаточным пространственным разрешением (расстояние между станциями и разрезами – десятки миль). К тому же, съемки выполняются в лучшем случае раз в год. Традиционными судовыми средствами исследовались, главным образом, вихри в прибрежной области фронтальной зоны [2, 3]. Гораздо меньше исследовались вихри, движущиеся с юга-востока.

ИК изображения, полученные с метеорологических спутников, показали, что одной из основных черт фронтальной зоны Куроиси Ойясио является чередование вихрей противоположного вращения [4], что согласуется с результатами наблюдений на гидрофизических полигонах [5, 6]. Причем наибольшее внимание вновь уделялось исследованию прибрежной области (первой ветви Куроиси) [7], что связано с увеличением повторяемости облачности над океаном.

Значительным усовершенствованием информационного обеспечения промысла в этом отношении стало получение альтиметрических данных. В связи с этим первоочередной становится задача совместного использования и взаимного дополнения получаемых спутниковых и судовых или различного рода спутниковых измерений. На картах геострофических течений, построенных по альтиметрическим данным наблю-

дается чередование вихрей противоположного вращения и различной интенсивности. Среди них находятся и ринги Куроисио (наиболее интенсивные и устойчивые вихри) и вихри открытого океана, имеющие видимо волновой характер [8]. В [7] показано, что вихри первой ветви Куроисио могут существовать в течение четырех и более лет и уверенно прослеживаются до средних Курильских островов. Вихри второй ветви Куроисио, как правило, наблюдаются в течение нескольких месяцев (до года) и прослеживаются до южных Курильских островов [9].

В представленной работе рассматриваются образование, и динамика антициклонических вихрей в районе южных Курильских островов и их влияние на промысел сайры.

Материалы и методика

Основой для проведения исследования послужили спутниковые ИК изображения в ложных цветах, полученные с ИСЗ NOAA (радиометр AVHRR). В настоящее время спутниковые ИК изображения в ложных цветах с температурной шкалой 24 градации являются наиболее информативной формой представления спутниковых данных. Вместе с тем в ряде случаев, производилось визуальное дешифрирование изображений и результаты представлялись в виде карт фронтологического анализа. При этом наряду с общепринятыми обозначениями типов вод, такими как Субарктические воды (САВ), Субтропические воды (СТВ), воды фронтальной зоны (ВФЗ) и др. в ряде случаев употреблялись малоизвестные термины. Например, если на ИК изображении видно, что в результате горизонтального смешения вод течений Соя и Ойясио образуется пространство с однородной водной массой (по температуре) или в результате столкновения двух вихрей различного происхождения образуется один вихрь, то вновь образовавшаяся масса называлась смешанной. Такие воды часто наблюдаются в результате смешивания вод Ойясио с водами течений Соя, Сангарского, северо-восточной ветви Куроисио или теплых (антициклонических) вихрей.

Отметим, что температура субарктических вод продвигающихся к югу (воды течения Ойясио) и субтропических вод, продвигающихся к северу (ветви течения Куроисио) меняется не постепенно, а скачкообразно. Образуются термические фронты с перепадами ТПО до 3-5°C, пересекающие течения поперек потока. Их происхождение так же как происхождение поперечных струй [10], очевидно связано с вихревой структурой течений. В частности такие фронты отделяют стрежень Ойясио от его ветвей, которые несут в той или иной степени трансформированные воды течения. В представленной работе такие фронты называются поперечными

Кроме спутниковых ИК изображений в работе были использованы:

- данные судовых наблюдений, полученные в рейсе НИС «Босо – Мару» (Япония), 2.08-4.09.2000 г.;
- карты геострофических течений на поверхности, рассчитанные в рамках баротропной геострофической модели по данным спутниковой альтиметрии.
- данные о промысле сайры (позиции судов и уловы), взятые из базы Госкомрыболовства.

Образование и динамика антициклонов первой ветви Куроисио

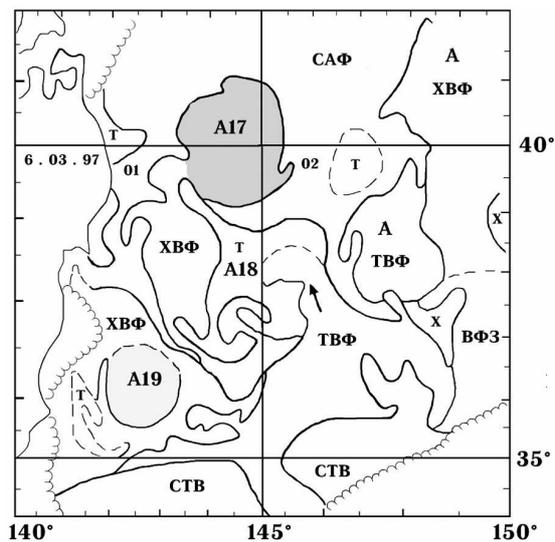
Динамику и структуру антициклонических вихрей первой ветви Куроисио рассмотрим на примере крупного вихря (A19), вышедшего к о-вам Хоккайдо и Малой Курильской гряды в 2000 г. и во многом определявшим динамику района.

Вихрь (A19) впервые был обнаружен весной 1997г. у м. Инубо, при этом диаметр его составлял 60 миль (рис. 1,а). Позднее он вновь превратился в меандр Куроисио (апрель 1997 г), взаимодействовал с другим меандром Куроисио, двигавшимся с востока, и к концу 1997 года превратился в изолированный антициклонический вихрь диаметром около 90 миль (рис. 1,б). Впереди него двигался вихрь сформировавшийся в 1995г так же у м.Инубо (рис. 1,а), а в тылу находился остаток теплого вторжения с востока (A_в 2) [11].

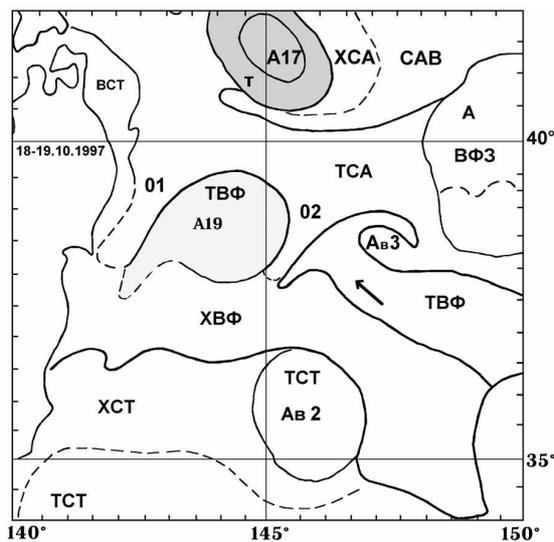
В апреле 1998 г. в первую ветвь Куроисио, в зону над глубоководным желобом вышел с юга-востока вихрь A18. (номера вихря даны в процессе их мониторинга), образованный юго-восточным вторжением.

Летом 1999 г вихри А17 и А18 образовали у побережья о. Хоккайдо крупную (около 130 миль в диаметре) теплую область с двумя ядрами (рис.1,г). Центр вихря А19 к этому времени пересек 40°с.ш. [11].

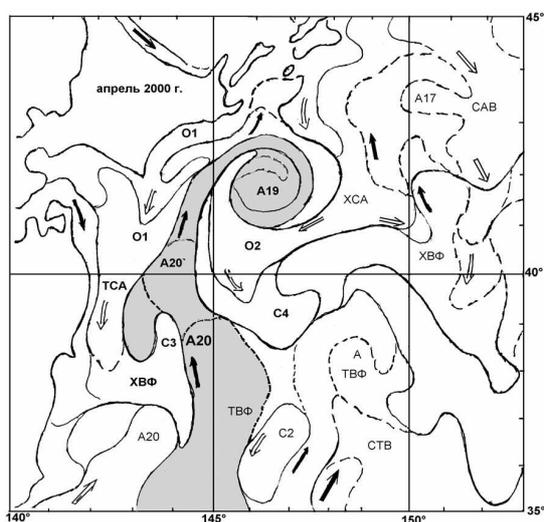
Примечательной особенностью весны и лета 2000г было развитие интенсивного теплого вторжения в первой ветви Куроисио, вдоль 144-145° в. д. Вторжение состояло из вихреобразных порций трансформированных субтропических вод диаметром 60 миль. Уже в апреле вторжение достигло вихря А19 (рис.1,в). Диаметр теплой области вихря увеличился до 120 - 150 миль. Подобное теплое вторжение наблюдалось лишь в мае 1989 г. во время прохождения мимо южных Курильских островов теплового ринга АЗ-1986 г (86В по иностранной классификации).



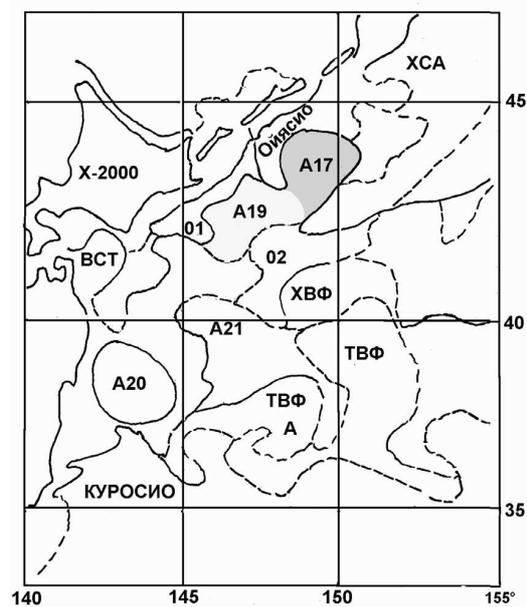
а



б



в



г

Рис. 1. Образование и развитие антициклонического (теплого) вихря А19 в 1997-2000 гг.

А) март 1997 г. Б) октябрь 1997 г. В) апрель 2000 г. Г) октябрь 2000 г. САВ - Субарктические воды; ТСА - относительно теплые САВ; ХСА - наиболее холодные САВ; ВФЗ - воды фронтальной зоны; ТВФ - теплые ВФЗ; ХВФ - относительно холодные ВФЗ; Т - теплые участки; Х - холодные участки; А - антициклонические вихри; С - циклонические вихри; О1, О2 - ветви Ойясио; ВСТ - воды Сангарского течения; стрелки - предполагаемое движение вод

В первой половине лета вихрь А19 сохранял свой размер и контрасты температуры на поверхности океана (ТПО). На ИК - изображениях и факсимильных картах ТПО было видно, что большая часть вод Ойясио, если не все течение, отклонялась к юго-востоку, огибая теплое ядро вихря с востока (рис.1,в). Таким образом, летом 2000 г теплая область у берегов о. Хоккайдо создавалась выходом в этот район крупного антициклонического вихря (ринга Куроисио) и последующим его усилением в результате теплого весеннего вторжения.

Казалось, в 2000 г. тепловодная масса у берегов о. Хоккайдо будет устойчивой и сохранится в осенний период, поскольку представлена крупным (более 120 миль в диаметре) антициклоническим вихрем. Однако, уже в первой половине августа теплая область А19 резко уменьшилась до 60-70 миль и потеряла вихреобразные очертания. Создалось впечатление, что вихрь разрушился (рис.1, г). Однако, гидрологические съемки, выполненные в начале и в конце августа, показали, что вихрь продолжал существовать и отклонять воды Ойясио на восток.

Спутниковые изображения показывают, что если наиболее холодная струя Ойясио отклонялась вихрем к востоку, у побережья о. Хоккайдо сохранялась струя относительно теплых смешанных вод шириной 20-30 (не более) миль. Она имела субарктическую структуру, но более высокую температуру в верхнем слое. От стрежня Ойясио она была отделена поперечным фронтом (рис. 1,г.) Эта, казалось бы, незначительная деталь имела значение для распределения сайры.

В первой декаде августа 2000 г. в пределах вихря А19 были выполнены 27 гидрологических станций, на НИС Японии «Босо - Мару» с помощью зонда СТД-1000. Из них 15 станций составляли два разреза, пересекавших вихрь А19. Глубина зондирования, как правило, достигала 1000 м, а дискретность определения температуры составляла 1 м. На малых глубинах зондирование производилось до дна.

В поле течений, рассчитанном по альтиметрическим данным, антициклонический вихрь проявился очень хорошо (рис.2). Вихрь имел форму эллипса, вытянутого с северо-запада на юго-восток. Скорости течения на поверхности в вихре достигали 87 см/с. Ядро вихря располагалось на расстоянии порядка 30 миль от второго разреза, в то время как первый разрез находился на северо-западной периферии вихря.

Остановимся вкратце на термохалинной структуре вод наблюдаемых на разрезах.

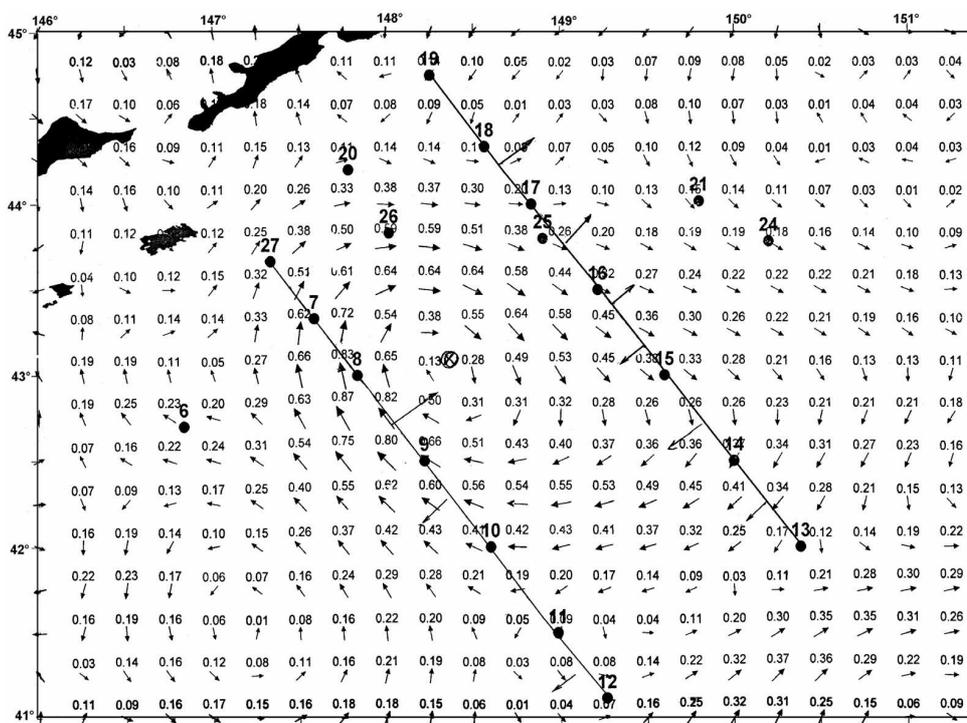


Рис. 2. Течения, рассчитанные по альтиметрическим данным, в области вихря А19

Секущая плоскость северного разреза (от о. Итуруп.) пересекла воды с субарктической структурой вод, которая характеризуется в летнее время общим монотонным повышением солености с глубиной и немонотонным изменением температуры (рис.3,а,б). Повсеместно здесь наблюдались относительно прогретый поверхностный слой, холодный промежуточный слой (ХПС), теплый промежуточный слой (ТПС) и глубинный слой монотонного понижения температуры. На поверхности температура изменялась от 7 до 15.8°C, причем наиболее низкое значение было отмечено на мелководье (над изобатой 350 м), а по мере удаления от берега она последовательно увеличивалась. Такое распределение ТПО согласуется с положением стрежня Ойясио и вихря А19 на ИК изображениях. На мелководных станциях воды более однородны по вертикали, чем за материковым склоном. Слой максимального вертикального температурного градиента здесь находился на глубине 40-50 м, величина градиента в нем составила 0. 1°C/м.

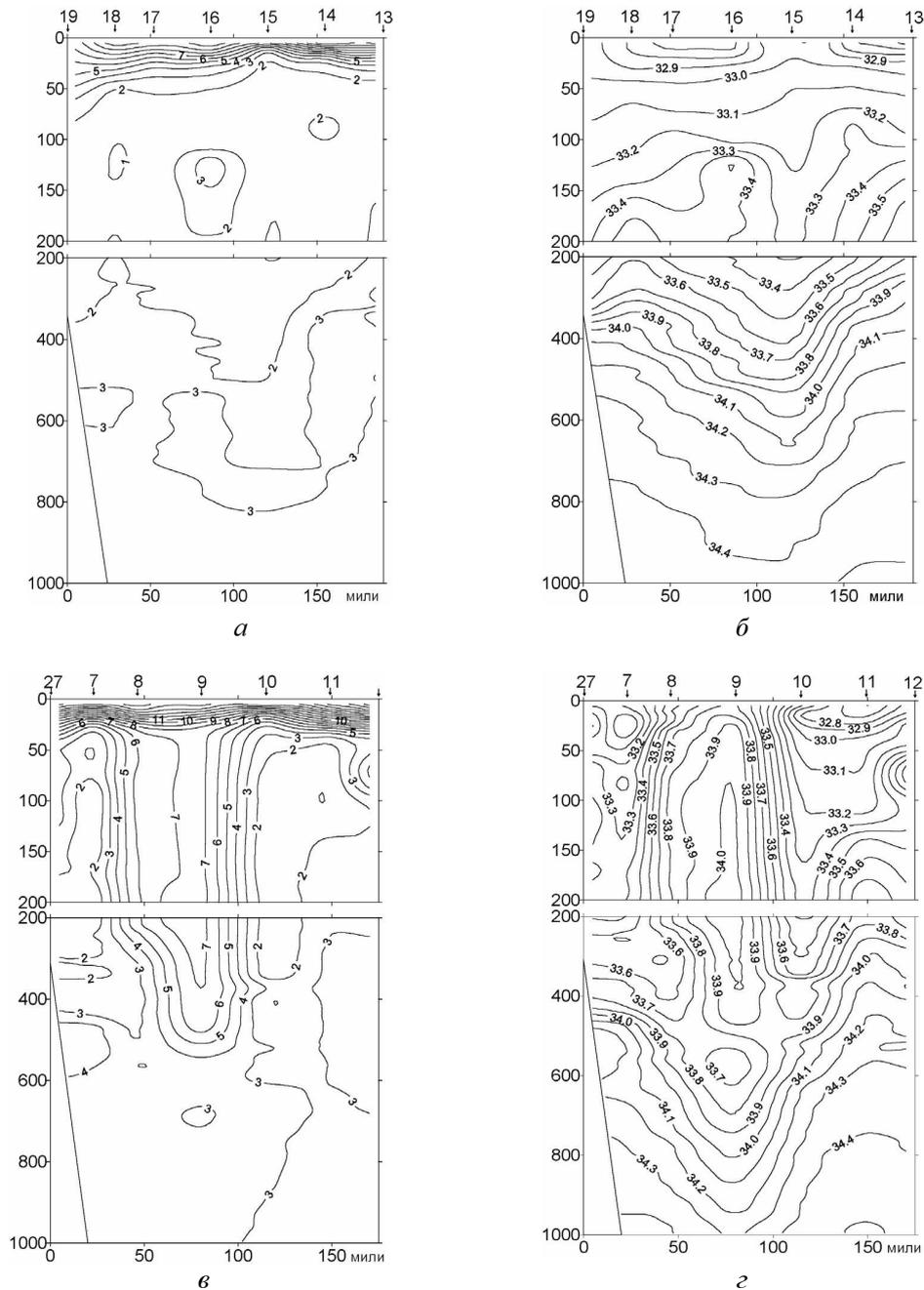


Рис. 3. Вертикальное распределение температуры (А, В) и солености (Б, Г) на первом (А, Б) и втором (В, Г) разрезах

За материковым склоном величины вертикальных температурных градиентов увеличивались до $0.4^{\circ}\text{C}/\text{м}$, а в центральной части разреза (ст. 14-15) они достигали $0.95-1.1^{\circ}\text{C}/\text{м}$. Сам слой резкого вертикального уменьшения температуры находился в непосредственной близости к поверхности. Температура в ядре ХПС составила $0.9-1.3^{\circ}\text{C}$ (рис.3,а). Максимально глубокое положение ядра этого слоя занимало в центральной части разреза (200-225м) и на мелководье (170 м), тогда как на остальных станциях оно располагалось между 80-150 м.

На глубинах 120-190 м в районе ст. 16 отмечена интрузия относительно теплых вод с температурой выше $2-3^{\circ}\text{C}$ и соленостью 33.4-33.5 е.п.с (рис. 3,б). Положение ядра ТПС, как и ядра ХПС было углублено в центре разреза, где оно располагалось между горизонтами 700-800 м. У материкового склона ядро ТПС приподнималось до 500-600 м, а с океанической стороны разреза- до 300-500 м. В целом, по характерной изогнутости изотерм и по заглублению ядер ХПС и ТПС можно сделать вывод о преобладании в центре разреза ниже горизонта 100 м нисходящих движений вод. Заглубление ядер ХПС и ТПС в центре разреза (ст. 16) так же, как и теплая интрузия (или заглубление ядра вихря) по всей вероятности, связаны с остатками более старого вихря А17 (рис. 3,а,б).

Второй разрез (от о. Шикотан) пересек антициклонический вихрь вблизи его центральной части. ТПО на разрезе была значительно выше, нежели на северном разрезе и менялась от 17.6°C на северо-западе до 21.5°C на юго-востоке (рис. 3,в). В центральной области вихря отмечалось понижение ТПО до 16.2°C , что связано с затяжкой относительно холодных трансформированных вод Ойясио в центр вихря.

Вертикальные градиенты температуры в термоклине повсеместно были высокие — от 0.5 до $0.11^{\circ}\text{C}/\text{м}$ и отмечались в слое 10-25 м. Ниже термоклина в центре разреза (ст. 9) отчетливо выделялась область теплой и соленой воды большой вертикальной протяженности. Мощность слоя с температурой выше 5°C составила более 500 м, соленость здесь была выше 33.9-34 е.п.с (рис. 3,г). Это подтверждало, что разрез пересек теплый вихрь с вертикальной протяженностью более 1000 м. На периферии вихря отмечались значительные горизонтальные градиенты. На горизонте 200 м. они составили между ст. 7 и 8 около 0.3°C и 0.017 е.п.с. на милю, а для ст. 9-10 - 0.15°C и 0.017 е.п.с. на милю (рис. 3,в,г). Горизонтальную протяженность вихря в плоскости разреза на горизонте 200м можно ориентировочно оценить в 60 миль. Теплый круговорот, видимо, поделит поток Ойясио на две ветви. На периферии вихря под поверхностными субтропическими водами отмечалась типичная субарктическая вертикальная структура. На ст.7, ядро ХПС с температурой около 1°C было расположено между 60-80 м, а ТПС (выше 4.5°) на пятистах метрах. На станциях 10-11 те же характеристики располагались на 100-170 м ($0.9-1.1^{\circ}\text{C}$) и 300-650 м (3.3°C), соответственно. Вертикальные движения вод в плоскости разреза, вероятно, имели сложный характер. Так, по изогалинам 33.7-33.8 е.п.с. хорошо видно, как заглублялась прибрежная ветвь Ойясио и как она «внедрялась» на горизонте 600 м (ст.9) под более теплые и высокосоленные воды.

На рис. 4. приведены проекции скоростей геострофических течений двух разрезов относительно 1000 дбр. Отрицательные величины скоростей указывают направление течений в рисунок, положительные - из рисунка. Конфигурации изоток на обоих разрезах во многих чертах схожи. Минимальные проекции скоростей получены в центрах погружения вод, т.е. минимальные горизонтальные скорости, видимо, соответствуют максимальным вертикальным движениям. С океанической стороны скорости на обоих разрезах выше, чем со стороны материкового склона, а характер течений (слева от центра в плоскость разреза, справа — из плоскости) свидетельствует именно о наличии антициклонической завихренности. Наибольшие проекции скоростей отмечены на глубинах до 300м на боковых границах вихря. Абсолютные величины скоростей на втором разрезе (до $38\text{см}/\text{с}$) почти в два раза выше, чем на первом (до $16\text{см}/\text{с}$) т.е. он располагался значительно ближе к центру вихря.

Таким образом, выполненные в первой декаде августа 2000 г. судовые наблюдения позволили получить представление о структуре антициклонического вихря. Горизонтальный размер вихря А19 на глубине 200 м равнялся 60 милям. Вихрь охватывал всю рассматриваемую 1000-метровую толщу вод. Ниже термоклина в центре вихря выделялась область теплой и соленой воды большой вертикальной протяженности, что связано ярко выраженными процессами даунвеллинга, присущими центральной части антициклонов. Мощность слоя с температурой выше 5°C составила более 500 м, соленость здесь была выше 33.9-34

е.п.с. При этом термохалинные характеристики в ядре вихря на глубине 400 м составляли 7.1°C и 34.00 е.п.с, что на 4.7-5.1 °C и 0.31-0.44 е.п.с больше характеристик окружающих вод. Максимальная скорость движения вод в вихре, по судовым данным, наблюдалась в подповерхностном слое на глубине 100-120 м и достигала 37.9 см/с.

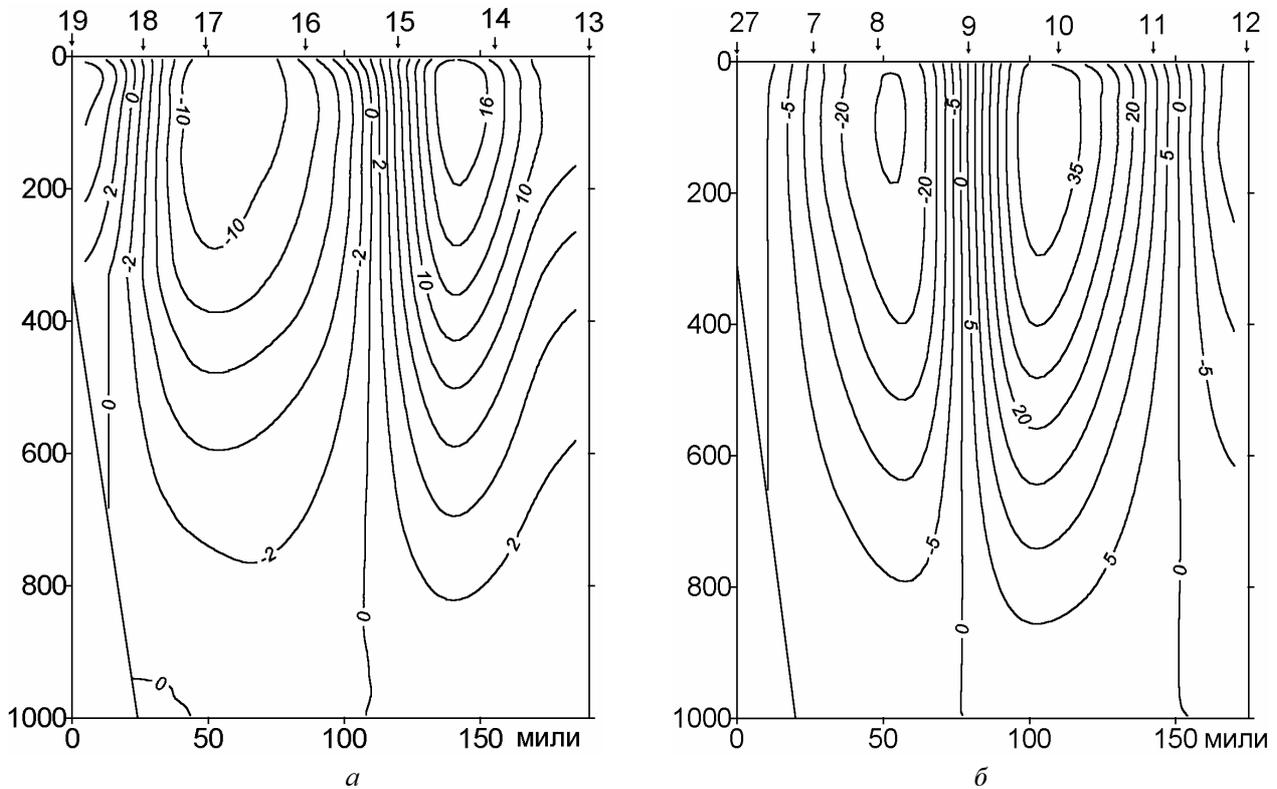


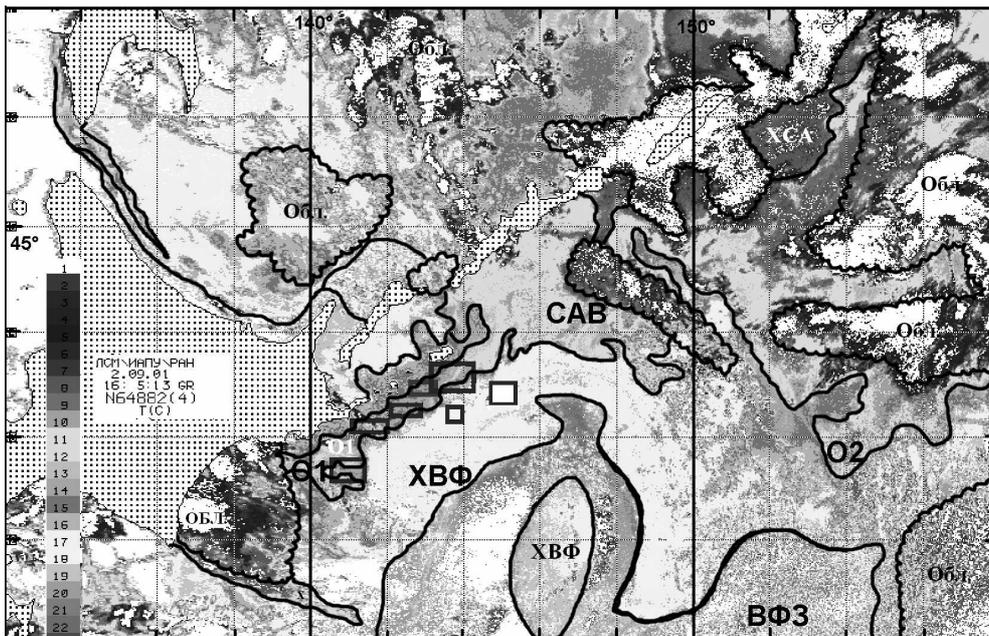
Рис. 4. Скорости геострофических течений на разрезе 1 (а) и на разрезе 2 (б)

Следовательно, результаты гидрологической съемки однозначно показали наличие выраженного антициклонического вихря на рассматриваемой акватории. Его расплывчатые очертания на ИК изображениях, объясняются маскирующим эффектом летнего прогрева поверхностных вод.

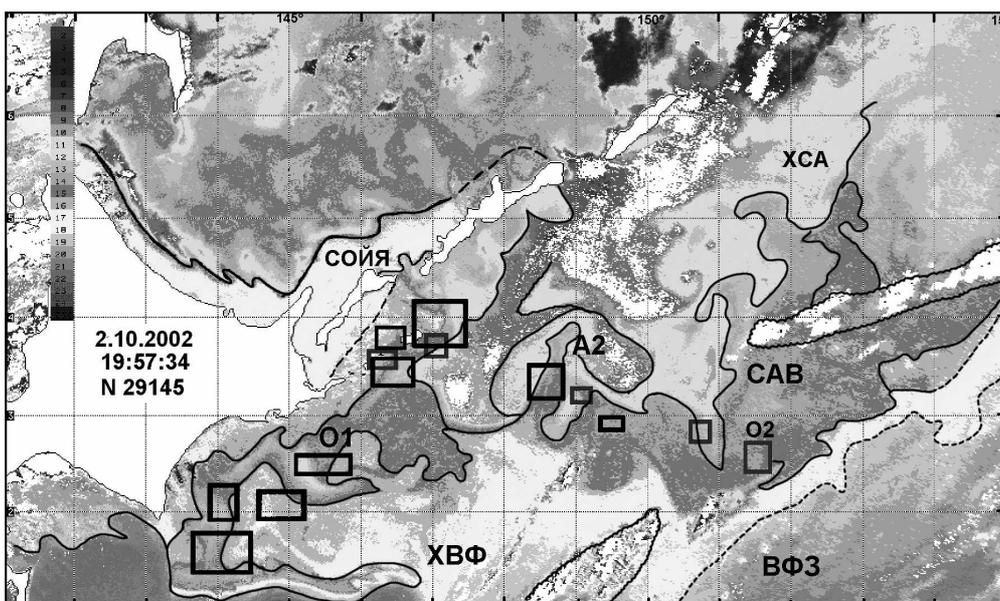
В этой ситуации, когда наиболее холодный стрежень Ойясио отклонялся на восток, а вблизи берега распространялась струя смешанных вод более благоприятными для нагула рыб (сайры) являлись именно прибрежные воды (первая ветвь Ойясио), несколько более теплые, чем собственно Ойясио. Как показывают судовые наблюдения, такая обстановка сохранялась по крайней мере, до конца августа - вихрь А19 существовал, постепенно смещаясь на восток.

Наличие крупного антициклонического вихря у берегов о.Хоккайдо и отклонение вод Ойясио на восток подтверждается траекториями поверхностных дрейфующих буев [12].

Выход в Южно-Курильский район в 1999-2000г трех довольно крупных теплых (антициклонических) вихрей образовал восточнее них крупную (не менее 150 миль в диаметре) теплую область с антициклоническим вращением вод. В результате этого, часть вод Ойясио продолжала отклоняться к востоку (именно на восток) и вливалась в Субарктическое течение. Образовался антициклонический меандр Субарктического течения и фронта (рис. 5).



а



б

Рис. 5. Структура антициклонического меандра Субарктического фронта и районы промысла сайры (прямоугольники) вдоль первой ветви Ойясио в сентябре 2001 г. (А) и вдоль Субарктического фронта при её миграциях на восток в октябре 2002 г. (Б). Условные обозначения рис. 1

Динамика антициклонических вихрей в 2001-2005 гг

Смещение антициклонических (теплых) вихрей А17, А18, А19 к востоку от о. Хоккайдо сопровождалось формированием антициклонического меандра (теплой области) Субарктического течения и фронта. В вершине меандра фронт поднимался до 44° с. ш. Лишь на 150° в. д. фронт опускался до 42° с. ш. и далее имел восточную направленность.

Крупные (90-100 миль) вихри в период 2001-2003 гг. наблюдались южнее, так что их северные края не поднимались севернее широты м. Эримо (42°с.ш.).

Формирование нового крупного антициклонического вихря А24, вышедшего в Южно-Курильский район, наблюдалось осенью 2002 года. Он образовался традиционным путем — отделением вершины антициклонического меандра Курошио, то есть был рингом Курошио. Вихрь являлся довольно крупным образованием с горизонтальными размерами, примерно 130х90 миль.

В июле 2004 г он достаточно быстро продвинулся в северо-восточном направлении приблизившись к берегам о. Хоккайдо (п-ов Немуро) и Малой Курильской гряды на 15-30 миль (рис. 6). Произошло обострение Субарктического фронта. Создалась ситуация подобная июлю 2000г. Особенностью океанологических условий в августе и в осенний период 2004 г было то, что воды Ойясио, отклонившиеся вихрем А24 на восток (вторая ветвь Ойясио), окружали полностью ядро вихря, но они слабо проникали в центральную часть вихря, где сохранялась довольно однородная по температуре область. Струя вод Ойясио, окружавшая вихрь, имела ширину порядка 20миль (рис. 6).

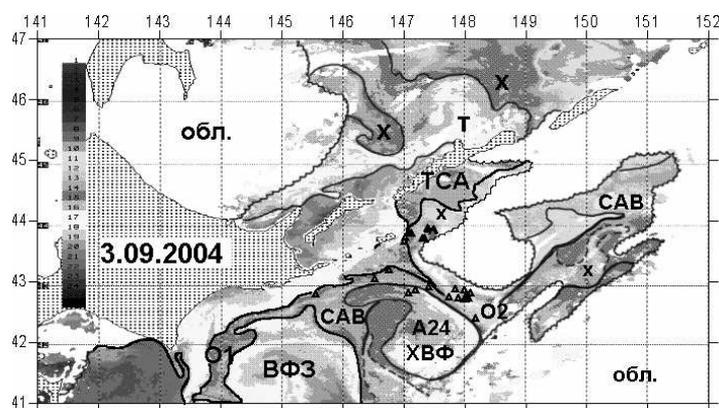


Рис. 6. Подход антициклонического вихря А24 к южным Курильским островам и районы промысла сайры (треугольники) в сентябре 2004 г. Условные обозначения рис. 1

Хорошо прослеженными были образование и динамика следующего крупного антициклонического вихря А28. Он образовался в ноябре-декабре 2004 г. во фронтальной зоне в результате слияния двух вихрей и не был рингом Курошио. Вихрь А28 двигался на север со средней скоростью около 0.5миль/сут, характерной для антициклонических вихрей [2, 7]. В августе 2005 г. он приблизился к южным Курильским островам и занял место вихря А24 в 2004 г. (рис.7).

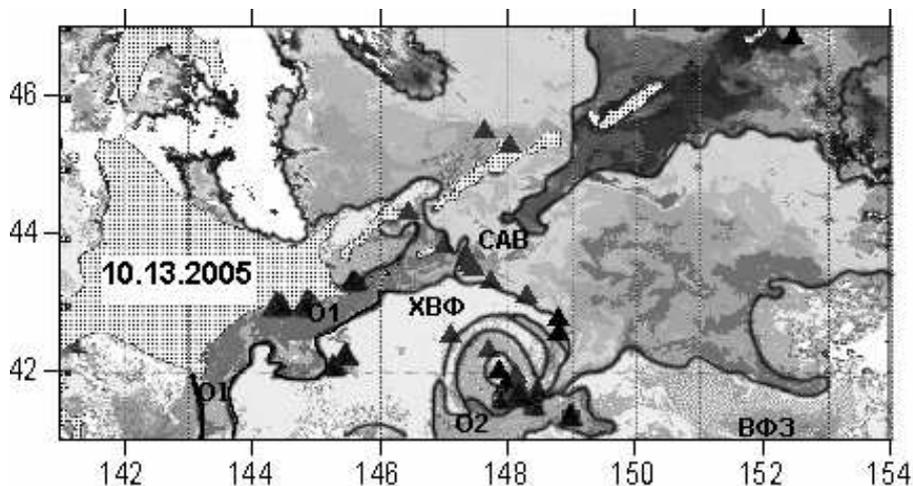
Первая ветвь Ойясио (О1) в эти годы была, так же как и в 2000 г., ослабленной (относительно теплой). Значительно более развитой была вторая ветвь Ойясио (О2). Ее воды в 2005 г. (в отличие от 2004 г.), окружая вихрь, частично проникали в его центральную область, но большей частью распространялись на юг, достигая фронта Курошио.

Таким образом, спутниковый мониторинг антициклонических вихрей в 2000-2005 гг. позволил выделить три периода в развитии динамических процессов в районе южных Курил.

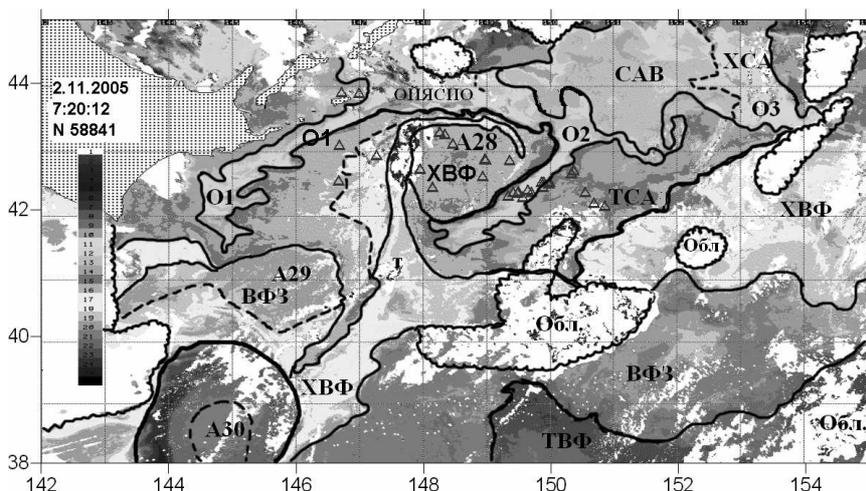
2000 г принадлежал к периоду 1999-2000 гг., когда в Южно-Курильский район выходили крупные (100-120 миль) антициклонические вихри А17-А19. Они ослабляли первую ветвь Ойясио, отклоняли большую часть вод Ойясио на востоке и формировали восточнее о-вов Хоккайдо - Малой Курильской гряды теплую область антициклонического меандра Субарктического течения.

В 2001-2003 гг. крупные теплые (антициклонические) вихри наблюдались южнее м. Эримо (42°с.ш.). Отмечалось усиление первой ветви Ойясио. При этом продолжал существовать антициклонический меандр Субарктического течения и вторая ветвь Ойясио имела восточное направление проникая к югу только на 150°-151°в. д.

Следующий период - 2004-2005 гг. Вновь в Южно-Курильский район выходили крупные антициклонические вихри. Они снова ослабляли первую ветвь Ойясио. Но в первый год, ввиду больших горизонтальных размеров вихря А24, сохранялось восточное направление второй ветви Ойясио и ее незначительное проникновение к югу на 150°-151° в.д. Лишь с выходом в ЮКР более мощного антициклона А28, несмотря на его отход к востоку, наблюдалось смещение второй ветви Ойясио к западу и проникновения ее на юг до фронта Куроисио.



а



б

Рис. 7. Подход антициклонического вихря А28 к южным Курильским островам и районы промысла сайры (треугольники) в октябре (А) и ноябре (Б) 2005 г. Условные обозначения рис. 1

Особенности районов, благоприятных для концентрации сайры

В августе 2000 г. (начало путины) промысел сайры проводился в прибрежных районах на фронтах между стрежнем Ойясио и теплыми водами течения Соя, между стрежнем Ойясио и теплым вихрем А19, а также в северной части вихря. Благоприятные условия для концентрации сайры внутри вихря обеспечивались проникновением в него вод Ойясио, о чем свидетельствует изменение формы его теплой области (рис.8).

При усилении первой ветви Ойясио и наличии антициклонического меандра Субарктического течения промысловые скопления сайры формировались в сентябре на левой (циклонической) периферии первой ветви Ойясио (рис.5,а), а в октябре перемещались вдоль субарктического фронта на восток во вторую ветвь

Ойясио (рис.5,6). При этом они концентрировались в вихревых образованиях меньшего масштаба (антициклон А2 на рис. 5,6).

С подходом ринга Куроисио (А24) в Южно-Курильский район промысловые скопления сайры формировались главным образом в районе поворота стрежня Ойясио на восток, а также на северном фронте вихря, находясь с северной его стороны в субарктических водах (рис.6). Лишь в конце путины район промысла сайры сместился во вторую ветвь Ойясио (150-151° в.д.).

В 2005 г. с подходом в Южно-Курильский район вихря А28 промысловые скопления сайры формировались не только на фронтах вихря и второй ветви Ойясио, но и в центральной части вихря (рис.7). Это связано с его происхождением и проникновением в вихрь теплых и холодных вод.

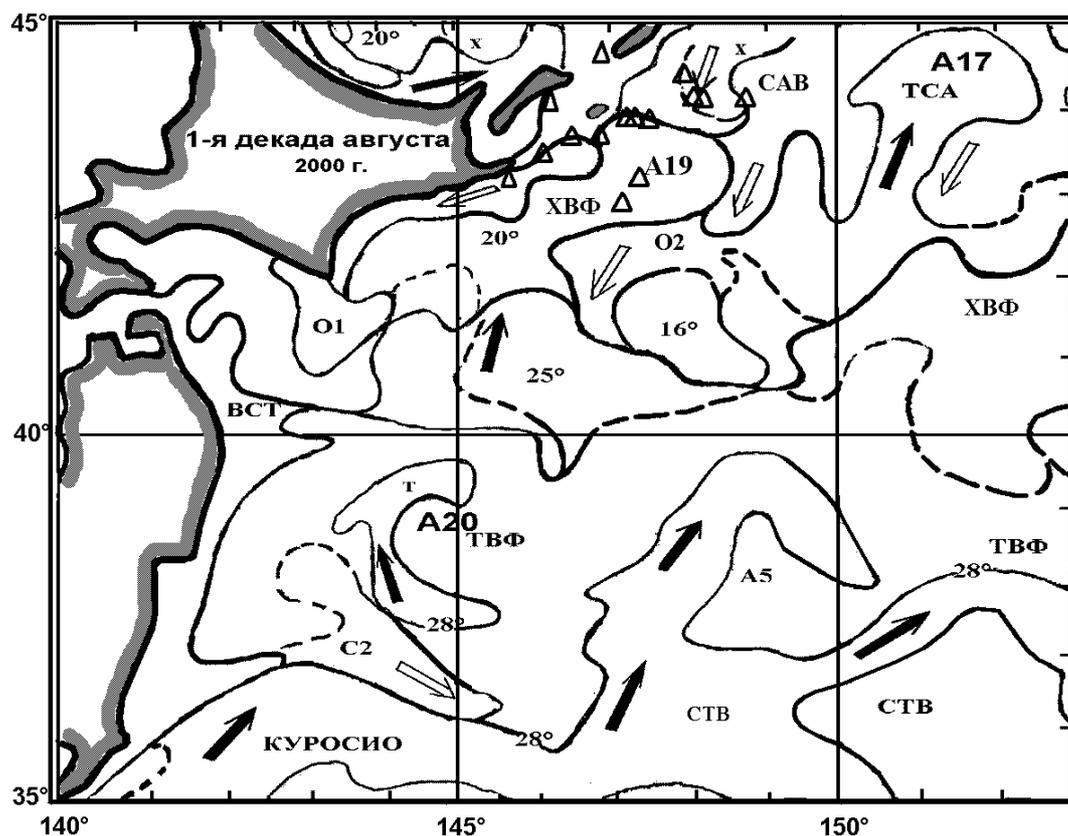


Рис. 8. Распределение районов промысла сайры (треугольники) на прибрежных фронтах и в области антициклонического вихря А19 в первой декаде августа 2000 г. Условные обозначения рис. 1

Выводы

Сравнение спутниковых (ИК и альтиметрических) и судовых глубоководных данных показывает их хорошее соответствие. Использование судовых глубоководных наблюдений позволило получить представление о вертикальной структуре вихря и его термохалинных и динамических характеристиках. Можно с большой долей уверенности считать, что антициклонические вихри, наблюдающиеся на космических изображениях, представляют собой крупные вихри с вертикальной мощностью более 1000 метров.

За рассматриваемое время, выделяются три периода с различным положением крупных (90 миль и более) антициклонических вихрей в Южно - Курильском районе. В периоды 1999 -2000 гг. и 2004-2005 гг. вихри в сентябре - ноябре занимали северное положение так, что их северные края (фронты) выходили севернее 43° с. ш. и служили участками Субарктического фронта. В период 2001-2003 гг. крупные антициклоны, в указанные месяцы занимали южное положение, не выходя севернее 42° с. ш. и образуя южную ветвь

Субарктического фронта, севернее их (восточнее о. Хоккайдо) оставалась теплая область антициклонического меандра северной ветви Субарктического фронта.

При северном положении антициклонических вихрей более развитой является вторая ветвь Ойясио (стрежень течения отклоняется вихрями на восток), а при южном — первая.

Влияние вихрей на условия нагула сайры и промысел зависит не только от их динамического воздействия, но и от того, какого происхождения воду они несут.

Наиболее постоянными благоприятными условиями для благополучного нагула рыб и промысла являются на участках прибрежных апвеллингов и промысел обычно начинается на них. При северном положении антициклонических вихрей благоприятным является район поворота Ойясио на восток (между стрежнем Ойясио и фронтом Сойя/Ойясио). Промысловые районы смещаются на восток вдоль северного фронта вихря, находясь с северной его стороны (по южному краю субарктических вод). В конце промыслового периода промысел ведется обычно на фронте второй ветви Ойясио, как правило, в мезомасштабных вихревых образованиях. Если вихрь образован смешанными (в том числе прибрежными) водами или субарктические воды проникают внутрь вихря, промысловые участки могут сформироваться в центральной области вихря. При южном положении вихрей и усилении первой ветви Ойясио продуктивные районы формируются на левой, циклонической ее периферии. В этих случаях скопления рыб и районы промысла смещаются на восток вдоль северной ветви Субарктического фронта, концентрируясь в вихревых образованиях меньшего масштаба. Рассмотренные материалы снова показывают, что наиболее общей чертой районов промысла сайры является наличие вертикального или горизонтального перемешивания.

Литература

1. *Bulatov N.V., Lobanov V. B.* Influence of Kuroshio warm – core rings of hydrographic and fishery conditions off Southern Kuril Islands // Proc. PORSEC – 92. Okinawa. Japan, 1992. P. 1127 -1131.
2. *Kitano K.* Some properties of the Warm Eddies, Generated in the Confluence Zone of the Kuroshio and Oyashio Current // J. Phys. Oceanogr., 1975. Vol. 5. No. 2. P. 245 - 252.
3. *Козлов В. Ф., Гурулев А. Ю.* О перемещении вихрей вдоль глубоководного желоба // Метеорология и гидрология, 1994. № 6. С. 70 – 78.
4. *Булатов Н. В.* Вихревая структура субарктического фронта в северо-западной части Тихого океана // Ученые записки ЛГУ, 1980. № 403. С. 61 – 71.
5. *Бубнов В. А., Иванов Ю. А., Кошляков М. Н.* Об океанских вихрях на мегаполигоне // Докл. АН СССР, 1988. Т. 301. №6. С. 1468 – 1471.
6. *Кошляков М.Н.* Открытие и исследование синоптических вихрей в открытом океане // Изв. РАН. Физика атм. и океана, 2002. Т.38. № 6. С. 770 – 783.
7. *Лобанов В.Б., Рогачёв К.А., Булатов Н.В. и др.* Долгопериодная эволюция теплого вихря Курошио // Докл. АН СССР, 1991. Т.317. №4. С. 984 – 988.
8. *Коняев К. В., Сабинин К. Д.* Спектральное описание синоптической изменчивости течений в океане по данным «Полигона 70» и «Полимоде» // Изв. АН СССР. Физика атм. и океана, 1981. Т.17. №11. С. 1191 – 1200.
9. *Булатов Н. В., Дарницкий В. Б., Савин А. Б.* Океанологические факторы среды, способствующие переносу ранней молодежи лемонемы (*Laemonema Longipes Moridac*) от нерестилищ к районам нагула // Исслед. Земли из космоса, 1999. №1. С. 97 – 104.
10. *Гинзбург А. И., Федоров К. Н.* Системы поперечных струй в прибрежных апвеллингах: спутниковая информация и физические гипотезы // Исслед. Земли из космоса, 1985. №5. С. 3 – 10.
11. *Булатов Н.В., Обухова Н.Г.* Пример использования визуальной информации для изучения влияния теплых рингов Курошио на гидрологические условия // Визуализация в исследованиях биоресурсов мирового океана. Материалы отраслевого семинара. Владивосток. ТИНРО – Центр. 2003. С. 33-53.
12. *Ohshima K.I., Wakatsuchi M., Saitoh S.* Velocity Field of the Oyashio Region Observed with Satellite-Tracked Surface Drifters during 1999-2000// J. Oceanography, 2005. Vol. 61. No. 5. P. 845-855.