

РОЛЬ ЦИРКУЛЯЦИИ ВОД В ДИНАМИКЕ УРОЖАЙНОСТИ ПОКОЛЕНИЙ МОРСКОГО ОКУНЯ И ТРЕСКИ БАНКИ ФЛЕМИШ-КАП.

В.А. Боровков, А.Л. Карсаков, А.А. Васьков
(ПИНРО)

В районах Северо-Западной Атлантики гидрометеорологические условия оказывают существенное влияние на биологическую продуктивность, колебания численности поколений рыб, их распределение и поведение, знание которых необходимо для обеспечения рационального рыболовства. Одним из важных океанологических параметров, особенно в период ранних этапов развития организмов, является циркуляция вод. На гидрологический режим вод б. Флемиш-Кап оказывает влияние Флемишкапская ветвь Лабрадорского течения, которая образует над мелководной частью банки завихрение антициклонического характера. Антициклоническая циркуляция с конвергенцией вод к оси круговорота формирует ареал ихтиопланктона, в котором молодь рыб, таких как треска и морской окунь, при оседании в придонные слои локализуется над вершиной и склонами банки. При относительно небольших размерах банки, окруженной океаническими глубинами, этот фактор имеет немаловажное значение в воспроизводстве рыб.

Ранее была выдвинута гипотеза о том, что выживание ихтиопланктона флемишкапской трески зависит от динамического состояния вод над банкой и возрастает при усилении антициклонического течения (Боровков, Бойцов, Кудло, 1978). В настоящей работе дается оценка влияния циркуляции вод над б. Флемиш-Кап на выживаемость поколений трески и морского окуня, образующих в этом районе самостоятельные популяции.

Материал и методика

В работе использованы биологические и океанографические материалы, собранные в ходе российских, канадских и испанских учетных съемок, выполненных на б. Флемиш-Кап в период 1973-2002 гг. В качестве основного биологического показателя для трески и морского окуня использовался индекс выживания ($\ln(R/SSB)$). Он рассчитывался как отношение численности годовиков (R) к общей нерестовой биомассе (SSB) родительского стада. Для морского окуня в качестве R использовалась численность рыбы длиной от 5 см и менее. Данный биологический показатель достаточно хорошо характеризует степень выживания рыбы на ранних стадиях развития.

Дополнительно в работе привлекались данные Центра климатических прогнозов США (http://wesley.wwb.noaa.gov/ncep_data/index.html) о среднемесечном атмосферном давлении на уровне моря и данные Департамента по рыболовству и океанам Канады (DFO) о положении фронта Гольфстрима, полученные в рамках программы AZMP (<http://www.meds-sdmm.dfo-mpo.gc.ca/>). Используя океанологические материалы российских съемок, в работе с помощью динамического метода (Зубов, Мамаев, 1956), строились карты геострофической циркуляции. За нулевую поверхность принимался горизонт 200 дбар.

Результаты и обсуждение

Результаты российских исследований на б. Флемиш-Кап, показывают, что для динамики численности морских окуней характерна значительная изменчивость уровня урожайности поколений (Vaskov, 2002). Такая изменчивость соотношения бедных и богатых поколений ранее отмечалась у флемишкапской трески (Konstantinov, Noskov, 1997).

По данным канадских съемок 1979-1985 гг. (Avila de Melo, Alpoim, Saborido-Rey, 2003) нерестовый запас окуней на б. Флемиш-Кап колебался от 57.7 до 111.7 тыс.т (рис.1).

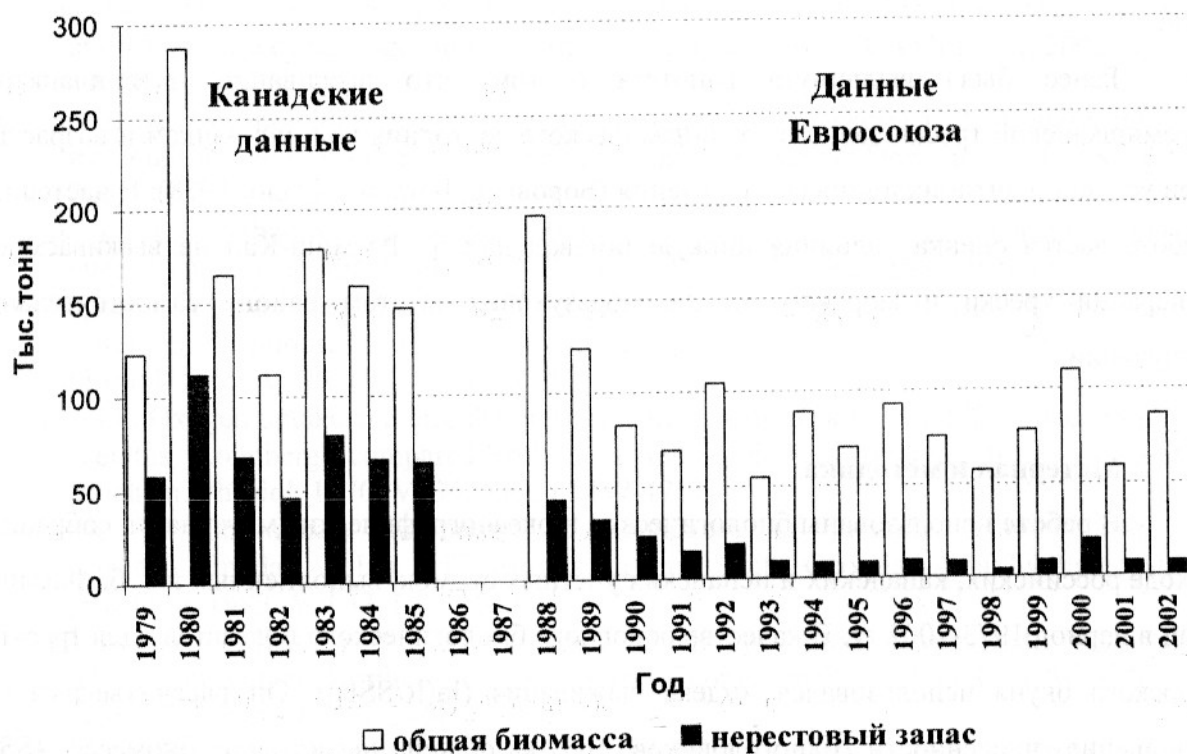


Рис.1 Общий и нерестовый запас морского окуnea банки Флемиш-Кап по канадским данным (1979-1985 гг.) и данным Евросоюза (1988-2002 гг.)

Доля нерестовой части запаса находилась практически на одном уровне и составила в среднем 42,1 %. При этом появление наиболее урожайных поколений отмечалось только в 1979-1980 гг. и в 1985-1986 гг.

Съемки ЕС 1988-2002 гг. показали как снижение общего запаса, так и уменьшение его нерестовой части (Avila de Melo, Alpoim, Saborido-Rey, 2003). Доля нерестового запаса в 1988 -1991 гг. колебалась от 21.9 до 27.8 %. Однако в 1989-1990 гг. появилось высокоурожайное поколение, которое доминировало в общей возрастной структуре до 1999 г. Следующее урожайное поколение отмечалось на б. Флемиш-Кап в 1999-2000 гг., когда доля нерестового запаса составляла 10-17 % и наблюдалось депрессивное состояние общего запаса (см. рис. 1).

Предыдущие исследования показали, что выживание ихтиопланктона флемишкапской трески может зависеть от циркуляции вод над банкой и оно должно возрастать при усилении антициклонического течения (Боровков, Бойцов, Кудло, 1978).

Общая циркуляция вод над б. Флемиш-Кап состоит из следующих основных звеньев. Над северным и отчасти восточными склонами проходит Флемишкапская ветвь Лабрадорского течения (Елизаров, Прохоров, 1958, Буздалин, Елизаров, 1962) с относительно низкой температурой и соленостью. На южных склонах банки эти воды взаимодействуют с более теплыми и солеными водами, транспортируемыми Северо-Атлантическим течением. САТ увлекает за собой в восточном и северо-восточном направлениях преобладающую часть вод Флемишкапского течения. В центральной, мелководной зоне существует антициклонический круговорот, который находится в непосредственном контакте с Флемишкапским течением.

Указанные элементы циркуляции воспроизводятся большинством схем динамической топографии поверхности моря, полученными на основе данных океанографических исследований ПИНРО в этом районе. Квазистационарность системы течений над банкой явилась основой гипотезы о причинах флюктуаций урожайности поколений флемишкапской трески (Кудло, Боровков, Бойцов, 1978). Механизм эффекта циркуляции в воспроизводстве трески полагался следующим: изменение характера циркуляции вызывают соответствующие изменения конвергенции вод в его центральной части, а последние в свою очередь, определяют степень удержания над банкой пелагических икринок, личинок и мальков рыб, а также фито- и зоопланктона. В зависимости от накопления животных организмов и микроводорослей в мелководной зоне от года к году меняется обеспеченность личинок пищей, а также сохранность пелагической молоди рыб в пределах банки. Последний фактор представляется наиболее важным регулятором урожайности поколений рыб.

Анализ данных 26 съемок за период 1977-1982 гг. подтвердил существование над банкой квазистационарного антициклонического круговорота, однако наряду с указанной формой циркуляции в отдельные периоды выявлены и иные формы движения вод над банкой (Кудло, Боровков, Сапронецкая, 1984). В результате классификации этих форм выделены четыре типа циркуляций. Первые два наиболее распространенных типа (это обширный антициклонический круговорот вод с одним центром и обширный антициклонический круговорот вод с несколькими локальными центрами) по характеру циркуляции различаются незначительно и практически могли бы быть приняты в качестве подтипов одного типа (повторяемость около 70 %). Третий тип циркуляции характеризуется наличием транзитного переноса вод, т.е. отсутствием замкнутого круговорота над центральной частью банки. Этот тип циркуляции вод над банкой был самым редким из рассмотренных ситуаций (повторяемость около 7 %). При четвертом типе циркуляции одновременно имеют место, как локальные круговороты, так и транзитный поток вод через банку, т.е. циркуляция вод носит смешанный характер (повторяемость около 25 %).

На рис. 2 приведены карты геострофической циркуляции поверхностных вод над б.Флемиш-Кап, построенных по данным российских съемок в 1988-1993 гг. Во всех рассмотренных случаях отчетливо прослеживается замкнутый антициклонический круговорот над банкой, который располагается в центральной части и имеет неправильную геометрическую форму. Сравнивая ситуации различных лет, легко заметить отличия в размерах и конфигурации областей, околтуренных замкнутыми изолиниями, а также разницу в количестве и густоте этих изогипс, что свидетельствует об эволюции круговорота. Из всех рассмотренных ситуаций большинство можно отнести к наиболее распространенным первым двум типам циркуляции. Исключение составляет лишь съемка 1990 г., когда антициклонический круговорот над банкой не имел замкнутого контура, т. е. ситуация была близка к четвертому типу циркуляции.

Из-за нерегулярности наблюдений в этом районе за последние 20 лет невозможно отследить межгодовой и межсезонный ход изменчивости круговорота. Однако имеются основания полагать, что среди причин изменчивости форм циркуляции вод над банкой большую роль играет циклоническая деятельность в районе Флемиш-Кап (Кудло, Боровков, Сапронецкая, 1984). В периоды ослабления циклонической деятельности, которые характеризуются длительным отсутствием штормов, циркуляция вод над банкой носит преимущественно форму антициклонического вихря (первые два типа циркуляции). Напротив, после прохождения над банкой глубоких циклонов (рис. 3), а также в течение последующего периода продолжительностью около 1-2 недель над мелководьем банки

отмечаются меандрирующие потоки, характерные для третьего и четвертого типов циркуляции.

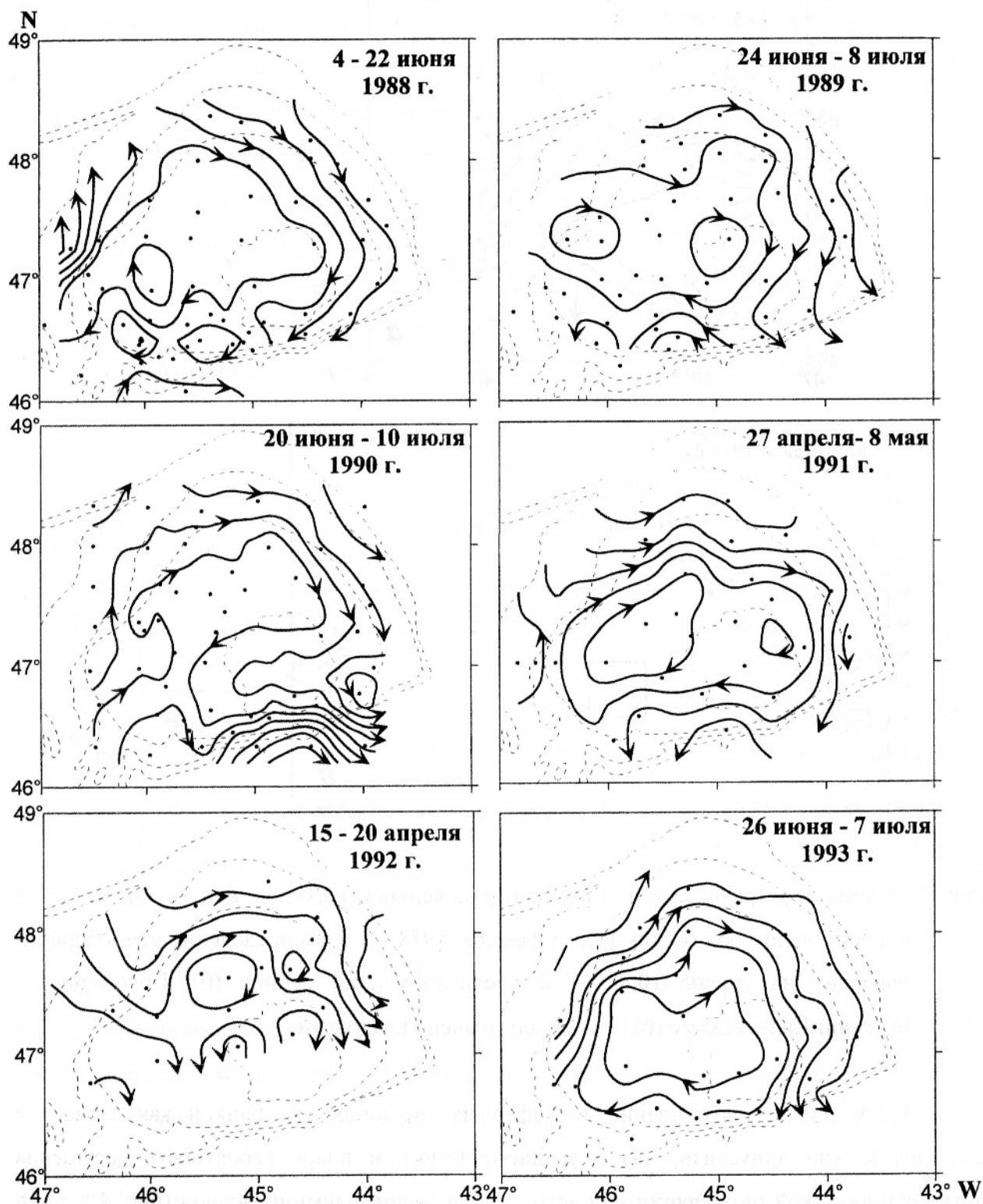


Рис. 2. Карты геострофической циркуляции поверхностных вод над банкой Флемиш-Кап относительно уровня 200 дцб в 1988-1993 гг.

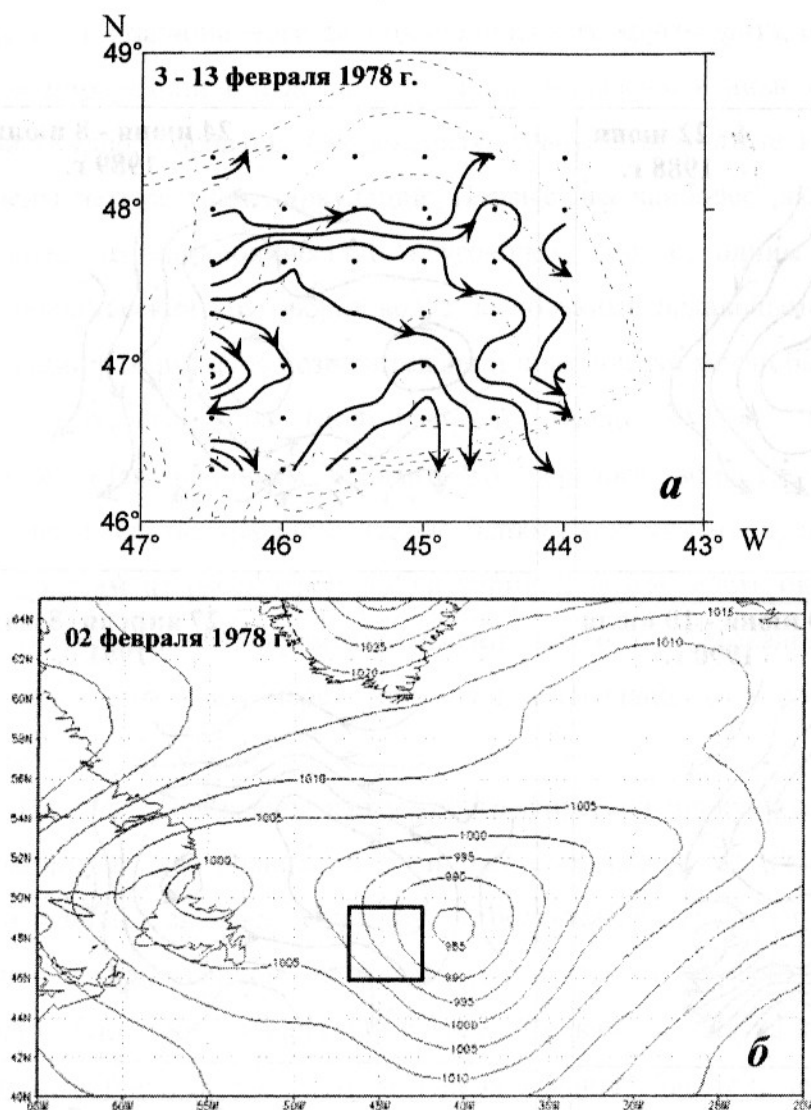


Рис. 3. Схема геострофической циркуляции поверхностных вод над б. Флемиш-Кап относительно уровня 200 дбар в феврале 1978 (а) и распределение атмосферного давления на уровне 1000 мб в предшествующий период (б). Положение б. Флемиш-Кап на схеме (б) условно обозначено квадратом.

Рассматривая прохождение атмосферных циклонов над банкой как случайное событие, можно допустить, что в среднемноголетнем плане вероятность нарушения антициклонической циркуляции вод возрастает в осенне-зимний период (рис. 4.), т.е. в период активизации циклонической деятельности в атмосфере, и уменьшается летом, когда циклогенез ослабевает (Кудло, Боровков, 1981). Существование таких внутригодовых изменений устойчивости антициклонической циркуляции вод в сочетании с особенностями биологии гидробионтов объясняет наличие на б. Флемиш-Кап популяции донных рыб – трески и морского окуня и отсутствие локальной популяции мойвы.

Существование популяций трески и окуня определяется тем, что в период между нерестом и опусканием молоди в глубинные слои или на дно, который можно соотнести с периодом от конца прошедшей весны до начала зимы, обеспечивается относительная сохранность над банкой пелагических икринок, личинок и мальков трески и окуня. Поскольку сохранность пассивных мигрантов зависит от наличия антициклонического круговорота, играющего в указанный период года роль гидродинамической ловушки, то становится ясно, что он существует над банкой постоянно или исчезает лишь на очень короткие интервалы времени. Следовательно, условия выживания и существования относительно благоприятны для донных видов рыб, раннее развитие которых в эпипелагиали происходит лишь в период с весны по осень, и неблагоприятны для мойвы, молодь которой обитает в эпипелагиали в течение всего первого года жизни.

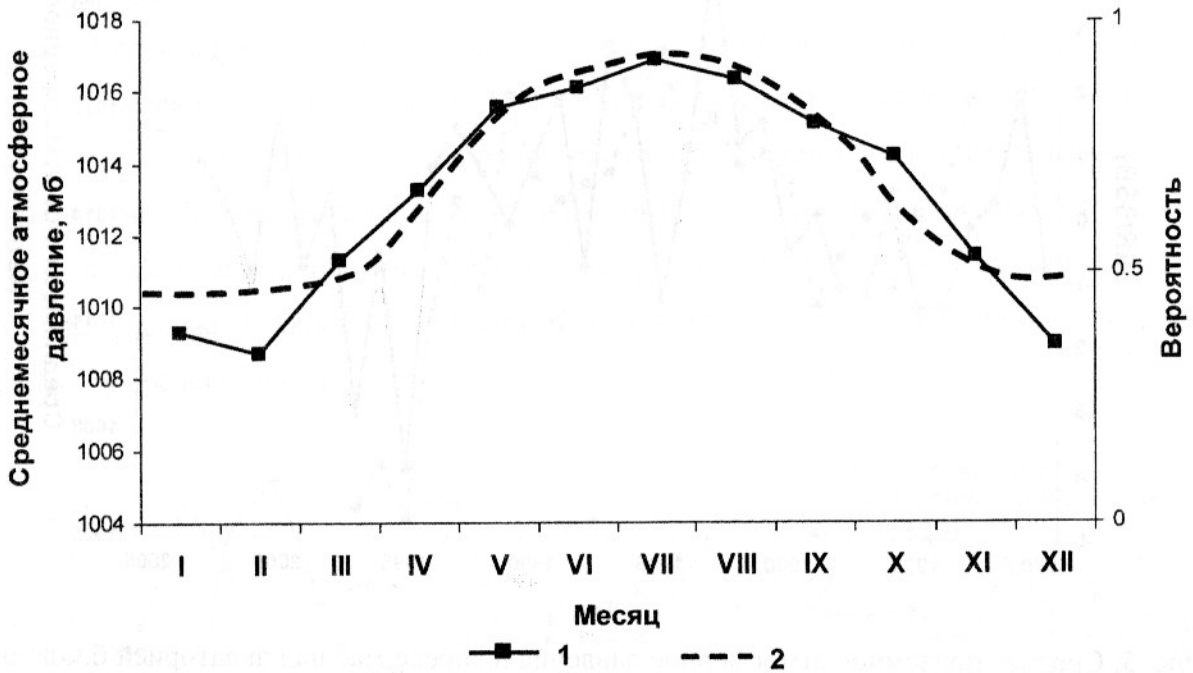


Рис. 4. Среднегодушечной (1971-2000 г.) сезонный ход приземного атмосферного давления (1) и гипотетическая вероятность существования (2) антициклонического круговорота над б. Флемиш-Кап.

Нахождение в приповерхностном слое в холодный период года, когда повторяемость штормов и вызываемых ими дрейфовых течений достигает сезонного максимума, связано с реальной угрозой массового выноса личинок за пределы банки и полной утраты генераций. Таким образом, сезонная изменчивость циркуляции вод над банкой представляется своеобразным фильтром, регулирующим состав местной ихтиофауны, и позволяет объяснить кратковременность инвазий мойвы в периоды

похолоданий начала 1970-х и 1990-х гг. невозможностью существования ее самоподдерживающейся популяции из-за отсутствия у личинок шансов удерживаться в пределах банки.

Межгодовую изменчивость устойчивости антициклонического вихря над банкой можно рассматривать в качестве вероятной причины различий в мощности годовых классов рыб. На рис. 5 показано изменение приземного среднемесячного атмосферного давления (Mean sea level pressure) в апреле-мае над акваторией банки (45°-50° с.ш., 49°-41° з.д.) и индексов выживания ($\ln(R/SSB)$) флериш-капской трески в период с 1973 по 1997 гг., рассчитанных по материалам испанских съемок в этом районе (Vazquez A., Motos L., 1999).

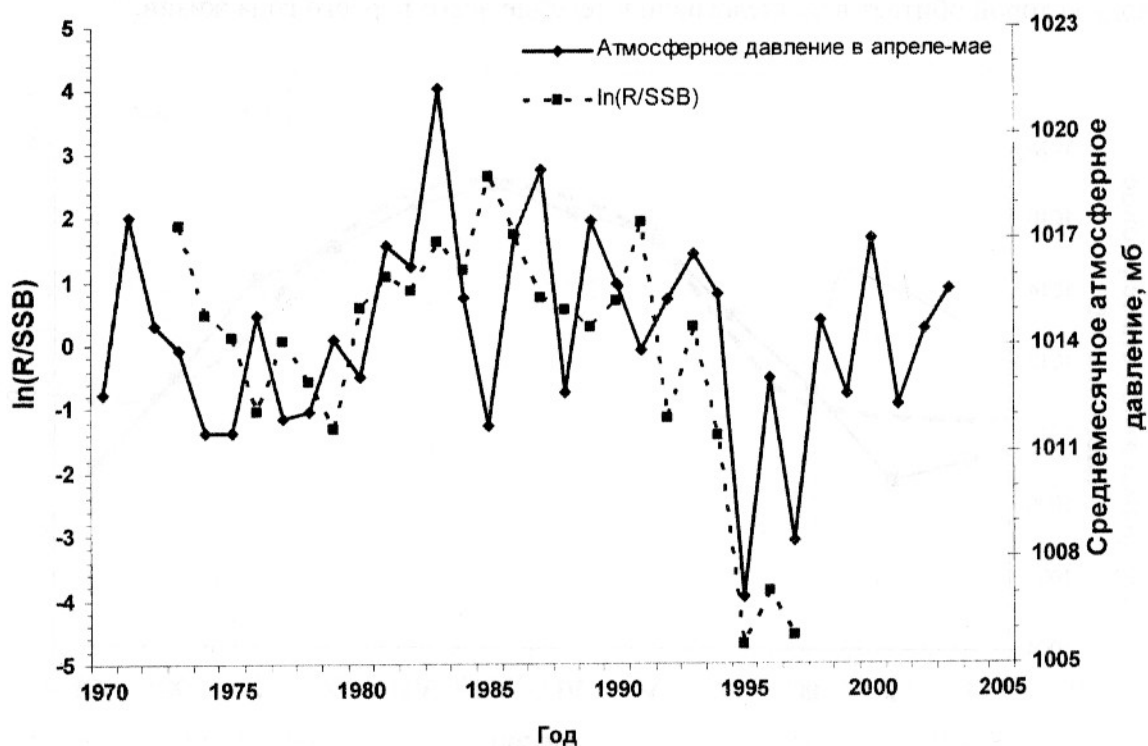


Рис. 5. Среднее приземное атмосферное давление в апреле-мае над акваторией б.Флериш-Кап (45°-50° с.ш., 49-41 з.д.) в 1970-2003 гг. и индекс выживания флериш-капской трески в 1973-1997 гг.

Уровень полученной связи ($R = 0.601$, $p = 0.002$) между этими показателями позволяет утверждать, что при повышении среднемесячного атмосферного давления над банкой, т.е. при уменьшении количества проходящих над ней циклонов, степень выживания генераций трески возрастает и наоборот.

Что касается морского окуня б. Флериш-Кап, то здесь следует обратить внимание на то, что существуют значительные различия в колебаниях урожайности поколений трески и морского окуня. Это, прежде всего, связано с различиями в биологии и районов нереста этих видов. Как известно, самки морских окуней производят вымет личинок над

склонами банки, с глубинами 400-600 м (Чехова, 1972). При этом окунь предпочитает нереститься на южных и юго-западных склонах банки Флемиш-Кап, т.е. в районах, находящихся преимущественно под воздействием вод Северо-Атлантического течения, тогда как треска нерестится ближе к центральной части банки, придерживаясь меньших глубин. Учитывая, что антициклонический круговорот ограничен по размерам, районы нереста окуня, возможно, не всегда попадают в зону его действия.

По аналогии с треской были получены индексы выживания морского окуня по данным канадских (1979-1985 гг.) и испанских (1988-2002 гг.) учетных съемок (Avila de Melo, Alpoim, Saborido-Rey, 2003). При сравнении полученных индексов выживания окуня с колебаниями атмосферного давления над банкой статистически значимой связи не обнаружено. Тем не менее, связь выживания личинок морского окуня на банке Флемиш-Кап с циркуляцией вод в этом районе существует.

На рис. 6 показаны изменения индекса выживания ($\ln(R/SSB)$) морского окуня б. Флемиш-Кап и широтное положение северного фронта Гольфстрима к югу от Большой Ньюфаундленской банки в районе 51° з.д. Как видно, прослеживается явная обратная связь ($R = -0.565$, $p = 0.012$), т.е. при более южном положении Гольфстрима относительно «хвоста» Большой Ньюфаундленской банки выживаемость окуня возрастает и наоборот. Можно предположить, что этот эффект связан с соответствующим смещением потока САТ в районе южных склонов б.Флемиш-Капа и изменениями его воздействия на перенос личинок за пределы банки.

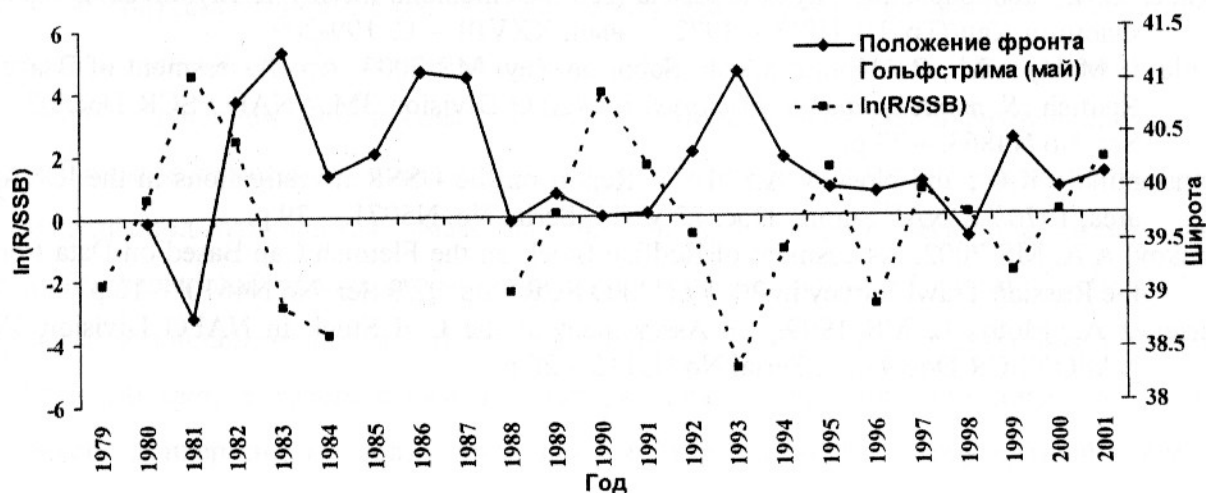


Рис. 6. Широтное положение северного фронта Гольфстрима в районе 51° з.д. и индекс выживания морского окуня в 1979-2001 гг.

Приведенные выше результаты оценки роли факторов среды в воспроизводстве трески и окуня на б. Флемиш-Кап свидетельствуют о том, что различия в уровне

урожайности их поколений в значительной степени регулируется изменчивостью циркуляции вод. Наиболее вероятно, что усиление антициклонического круговорота над банкой приводило к повышению уровня урожайности, а ослабление к наибольшему выносу личинок и молоди трески за пределы банки. Этот эффект, очевидно, присутствует и в колебаниях урожайности поколений морского окуня, однако он маскируется влиянием более мощного фактора – флуктуациями положения потока САТ в районе южных склонов б. Флемиш-Кап.

Литература

- Боровков В.А., Бойцов В.Д., Кудло Б.П. Роль циркуляции вод в формировании урожайности поколений флемишкапской трески//Тр.ПИНРО.– 1978.– вып. XL.– С. 133-139.
- Буздалин Ю.И., Елизаров А.А. Гидрологические условия в районах Ньюфаундленских банок и Лабрадора в 1960//В кн. Сов. рыбохоз. исслед. в северо-западной части Атлантического океана/ВНИРО-ПИНРО. – М., 1962. – С.155-171.
- Елизаров А.А., Прохоров В.С. Гидрологические условия и промысел на банке Флемиш-Кап в марте и мае 1958 г.//Науч.-техн. бюл. ПИНРО. – 1958. – № 3 (7). – С. 57-59.
- Зубов Н.Н., Мамаев О.И. Динамический метод вычисления элементов морских течений. – Л. Гидрометиздат, 1956. – 115 с.
- Кудло Б.П., Боровков В.А. Особенности горизонтальной циркуляции вод Северо-Западной Атлантики//Океанологические основы формирования биологической продуктивности Северной Атлантики. Сб.науч.тр /АтлантНИРО. – 1981.– С. 212-234.
- Кудло Б.П., Боровков В.А., Сапронецкая Н.Г. Результаты советских океанографических исследований по проекту Флемиш-Кап в 1977-1982 гг.//Вопросы промысловой океанологии Северного бассейна. Сб. науч. тр./ПИНРО. – 1984. – С. 86-98.
- Чехова В.А. Распределение окуня-клювача (*sebastes mentella travin*) по глубинам на банке Флемиш-Кап//Тр./ПИНРО. – 1972. – вып. XXVIII. – С. 199-209.
- Avila de Melo, A.M., R. Alpoim and F. Saborido-Rey. MS 2003. An Assessment of Beaked Redfish (*S. mentella* and *S. fasciatus*) in NAFO Division 3M.// NAFO SCR Doc. 03/45 Ser. No N4863. – 73 p.
- Konstantinov, K.G., and Noskov A.S. 1977. Report on the USSR investigations in the ICNAF area, 1976// ICNAF Summ. Doc. 77/VI/15, Serial No. N5071. – 39 p.
- Vaskov, A.A. MS 2002. Assessment of Redfish Stock on the Flemish Cap Based on Data from the Russian Trawl Survey in 2001// NAFO SCR Doc. 02/9 Ser. No N4610. – 16 p.
- Vazquez A., Motos L. MS 1999. An Assessment of the Cod Stock in NAFO Division 3M NAFO// SCR Doc.99/56, Serial No.N4115.– 26 p.