

А.В. РОМАНОВ

**АНОМАЛЬНЫЕ СИТУАЦИИ В ЭКОСИСТЕМЕ  
ВОД АРХИПЕЛАГА КЕРГЕЛЕН**

Анализируются аномальные ситуации, имевшие место в биотической части экосистемы вод арх. Кергелен в 1987 г. и 1994-1995 гг., которые отразились на ухудшении промысла. Их появление объясняется абиотическими аномалиями в эти периоды. Летом, осенью, зимой и весной 1987 г. повсеместно отмечались положительные аномалии ТПО и отрицательные солёности в поверхностном слое. Максимальные величины положительных аномалий ТПО (1,5-1,8°C) и отрицательных солёности (0,08-0,12‰) имели место летом и осенью. Такие аномалии не могут быть объяснены только климатическим повышением ТПО в результате глобального потепления. Они связаны также с более интенсивным развитием антициклонического меандра Субантарктического и Полярного фронтов в южном направлении (на 1-2° широты), при котором в Полярной фронтальной зоне этого района увеличилась доля субантарктических вод и, таким образом, уменьшилось влияние антарктических вод на восточный и южный шельфы. Аномалии 1994-1995 г. (в летний период) возникли в результате резких аномалий циркуляции атмосферы: смещения атмосферного Полярного фронта на юг и проникновения тропических циклонов из района о. Маврикия к арх. Кергелен. Полученные корреляционные зависимости между положением разделов гидрологического Полярного фронта и поведением рыбы позволяют утверждать, что последствия аномалий среды могут проявляться в данной экосистеме в течение по меньшей мере 2 лет.

Район островов Кергелен известен как один из наиболее продуктивных в индийском секторе Южного океана. Несмотря на значительную изоляцию от других сообществ ихтиофауна данного региона весьма богата и разнообразна не только в видовом, но и количественном отношении. По данным Ю.Е. Пермитина [1987] в Кергеленском подрайоне обнаружено 39 видов и подвидов рыб, 30 родов из 18 семейств донных рыб. Несколько видов рыб имеют промысловое значение. Это *Dissostichus eleginoides* (патагонский клякач), *Champsocephalus gunnari* (щуковидная белокровка), *Lepidonotothen squamifrons* (серая нототения или сквама), *Notothenia rossii* (мраморная нототения). Начиная с 1970-1971 гг. Украина ведет устойчивый промысел рыбы в этом районе. До последнего времени ежегодный вылов ценных видов рыб здесь составлял 10-30 тыс. т, а иногда и больше [Уловы СССР..., 1985]. Столь высокая рыбопродуктивность района объясняется хорошей кормовой базой. По данным И.С. Чечуна [1984] средний индекс наполнения желудков мраморной нототении за период 1970-1974 гг. составлял 317,8, серой нототении — 354,3, щуковидной белокровки — 163,2, при этом основными объектами их питания обычно были различные виды макропланктона. Для района свойственна высокая численность и биомасса макропланктона, в том числе кормового. Так, в летний период 1988 г. средние

показатели численности и биомассы макропланктона на исследованной акватории составляли 157 экз./м<sup>2</sup> и 3,2 г/м<sup>2</sup>, при колебаниях от 9 до 1024 экз./м<sup>2</sup> и от 0,1 до 16,3 г/м<sup>2</sup> [Пахомов, 1995].

Очевидно, что экосистема вод арх. Кергелен сложилась при весьма своеобразных и сложных океанографических условиях, свойственных данному району, что отразилось на ее специфичности.

По современным представлениям через этот регион проходят 4 основных гидрологических фронта: Агульяс (ФА), Субтропический (СТФ), Субантарктический (САФ) и Полярный (ПФ) [Park et al., 1993; Belkin, Gordon, 1996; Sparrow et al., 1996]. К северу от арх. Кергелен эти фронты могут сближаться и даже сливаться друг с другом на отдельных участках, зачастую образуя единую высокоградиентную "Фронтальную зону Кергелен" (ФЗК), аналогов которой не существует во всем Южном океане [Белкин, 1989; Кляусов, 1993; Gamberoni et al., 1982; Park et al., 1993; Belkin, Gordon, 1996; Sparrow et al., 1996]. Все указанные фронты сопряжены со стрежнями определенных течений: ФА и СТФ с Южным индоокеанским течением [Stramma, 1992], а САФ и ПФ как северная и южная границы Полярной фронтальной зоны (ПФЗ) — с Антарктическим Циркумполярным течением (АЦТ) [Orsi et al., 1995].

Установлено, что исследуемый регион островов Кергелен в течение года находится в пределах ПФЗ [Кляусов, 1990, б], что определяет интенсивное взаимодействие субантарктических и антарктических вод в этом районе [Deason, 1983]. По последним данным [Sparrow et al., 1996] для региона характерно расщепление ПФ на несколько фронтальных разделов, при этом наиболее южный из них (ЮПФ), ограничивающий с юга ПФЗ, обычно проходит к югу от о. Херд. Характерно, что северная (САФ) и южная (ЮПФ) границы ПФЗ интенсивно меандрируют в данном регионе, образуя стационарные крупномасштабные антициклонические меандры в районе подводного хребта Кергелен и сопряженные с ним циклонические, восточнее и западнее хребта [Кляусов, 1990, а].

По нашему мнению, крупномасштабное состояние среды (распределение водных масс) в этом регионе определяется, главным образом, интенсивностью развития указанных меандров. При развитии антициклонического меандра в ПФЗ района может быть больше теплых и меньше соленых северных вод, распространяющихся на юг до широты о. Херд. В случае интенсификации циклонического меандра ЮПФ холодные антарктические воды распространяются на южный, восточный и северо-восточный шельф, при этом южная головная часть антициклонического меандра может быть отрезана между о-вами Кергелен и Херд от основной массы теплых северных вод этого меандра и способна образовать крупномасштабный антициклонический круговорот севернее о. Херд. Западный циклонический меандр ЮПФ и ПФ способен в значительной степени контролировать состояние среды в западной части арх. Кергелен, где может также меняться пропорция антарктических и субантарктических вод. Указанные ситуации периодически наблюдаются в данном регионе и определяются характером атмосферной циркуляции. Вероятно, благодаря этому район островов Кергелен заслуженно относят к одному из 5 наиболее изменчивых в Южном океане [Lutjeharms, Baker, 1980].

Известно, что несмотря на высокую в целом продуктивность экосистемы островов Кергелен, ее биотические элементы испытывают значительные межгодовые колебания. Периодически в данной экосистеме возникают аномальные условия, иногда катастрофические, существенно влияющие на ход промысла. Особенно значительные аномалии в данной экосистеме имели место в 1987 и летний период 1994-1995 гг. [Иванченко и др., 1989; Кляусов, 1990, а; Семелькина, 1993; Пшеничников, 1995; Semelkina, 1993].

Цель настоящей работы — анализ аномальных ситуаций 1987 г. и 1994-1995 гг., причин их появления, экологических последствий с целью дальнейшего прогнозирования. Материалом для исследования послужили океанографические, метеорологические, биологические и промышленные данные, собранные в указанные годы. Аномальность полей температуры и солености оценивалась относительно среднесезонной значимости этих элементов, рассчитанных в узлах сетки  $0,5 \times 0,5^\circ$  для соответствующего сезона за период 1969-1992 гг. При расчете аномалий предварительно выполнялось приведение значений температуры и солености по данным съемок к соответствующим узлам сетки. Положение ЮПФ определялось по методу А.А. Карнаухова и А.Г. Новицкого [1986], основанного на изменении знака  $T$ ,  $S$ -корреляции при пересечении фронта. Коэффициенты корреляции рассчитывались для 600-метрового слоя с интервалом по глубине 50 м. При этом ЮПФ хорошо выделялся в качестве южной границы ПФЗ по сгущению изолиний между 0,4 и -0,4.

### ОБСУЖДЕНИЕ

По данным биологических и ихтиологических исследований особенно значительные аномалии в поведении организмов отмечались в 1987 г. Обычно в районе преобладают антарктические и субантарктические виды зоо- и макропланктона, лишь на крайнем севере отмечается небольшая доля субтропических гидробионтов. В 1987 г. эта обычная структура планктонного сообщества была нарушена. В летний период доминировали субантарктические виды фитопланктона над антарктическими [Иванченко и др., 1989; Промысловое пособие..., 1992], их средняя биомасса была почти вдвое ниже, а средняя численность в 1,6 раза меньше, чем, например, летом 1988 г., когда условия были ближе к нормальным [Ivanchenko, 1993]. Субтропические виды планктона распространились до  $51^\circ$  ю. ш., особенно вдоль западного шельфа [Пахомов, 1995]. Любопытно, что в районе появились и тропические планктеры, для которых эта зона является районом стерильного выселения, также, как и для некоторых субтропических видов [Семелькина, 1993; Пахомов, 1995]. Всего встречено среди нетипичных субтропических и тропических видов планктона три вида перидиниевых водорослей и 17 видов веслоногих. В то же время обычно преобладающий на шельфе веслоногий рачок *Drepanopus pectinatus* оказался в сильно угнетенном состоянии, его летний уровень не превышал весенний [Иванченко и др., 1989; Пахомов, 1995]. Скопления планктона в указанном году размещались в восточной части района за пределами шельфа, вследствие чего оказались недоступными для рыб [Промысловое пособие..., 1992]. Ухудшение кормовой базы рыб привело к отсутствию в 1987 г. промысловых скоплений серой нототении и крупноразмерной щуковидной белокровки на традиционных участках, в то же время отмечалась массовая встречаемость мелкоразмерной щуки.

Для оценки аномальности условий среды в 1987 г. нами были рассчитаны аномалии ТПО для каждого сезона этого года. Установлено, что летом, осенью, зимой и весной в поверхностном слое почти повсеместно отмечались положительные аномалии температуры воды поверхностного слоя и отрицательные аномалии солености (рис. 1-4).

Максимальные величины положительных аномалий температуры достигали летом и осенью величин  $1,5-1,8^\circ\text{C}$ , а солености —  $-0,08-0,12\text{‰}$  (см. рис. 1-4). Такое изменение условий может быть связано с климатическим глобальным повышением температуры воздуха и воды, имеющим место в индийском секторе Южного океана. Так, в Порт-о-Франс на арх. Кергелен повышение средней годовой температуры воздуха с 1964 по 1983 г. составило  $1,5^\circ$  [Аллисон, Кидж, 1986]. Близкое к отмеченному

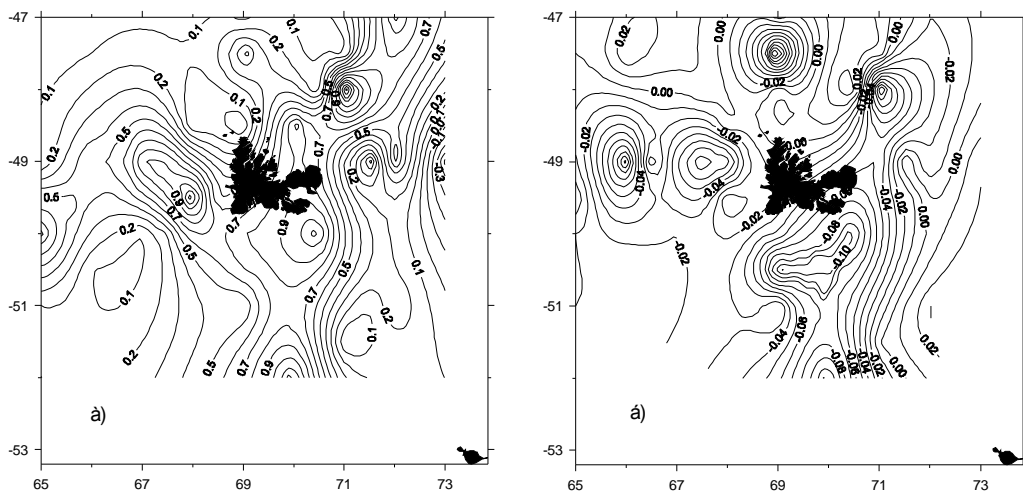


Рис. 1. Аномалии температуры воды (а) и солёности (б) поверхностного слоя летом (январь-февраль) 1987 г. в районе арх. Кергелен

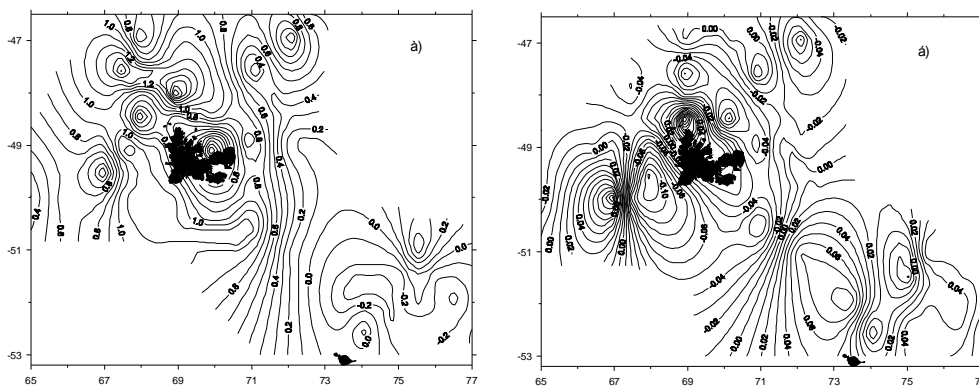


Рис. 2. Аномалии температуры воды (а) и солёности (б) поверхностного слоя осенью (март-апрель) 1987 г. в районе арх. Кергелен

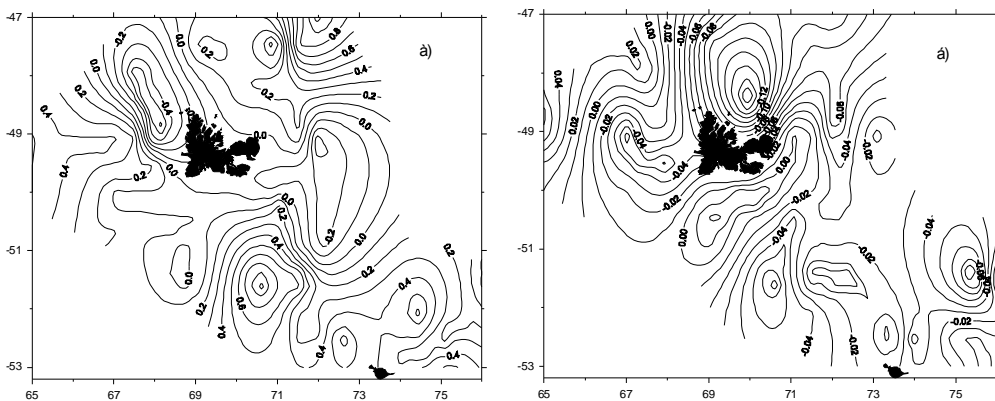


Рис. 3. Аномалии температуры воды (а) и солёности (б) поверхностного слоя зимой (июль-август) 1987 г. в районе арх. Кергелен

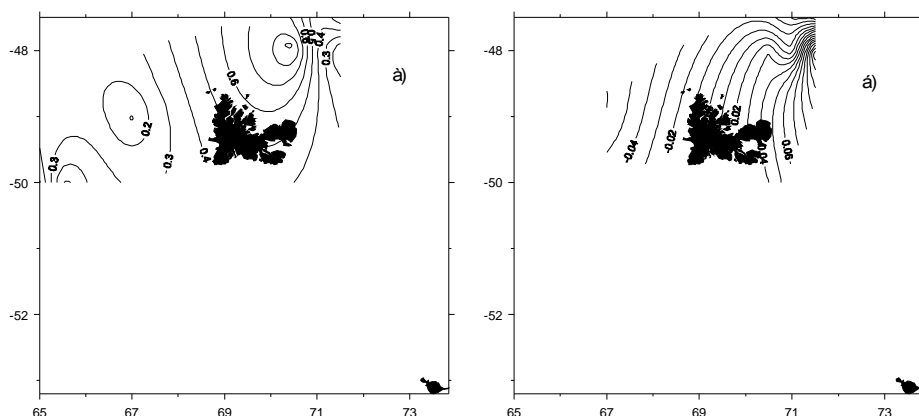


Рис. 4. Аномалии температуры воды (а) и солёности (б) поверхностного слоя весной (сентябрь-октябрь) 1987 г. в районе арх. Кергелен

повышение температуры воздуха наблюдалось и на о. Херд, что явилось основной причиной повсеместного отступления ледников на этом острове [Аллисон, Кидж, 1986]. Однако столь значительные аномалии 1987 г., превышающие их климатическую величину, не могут быть объяснены только глобальной тенденцией повышения температуры и распреснения. Как видно из рисунков, область положительных аномалий температуры и отрицательных солёности располагалась в основном над районом подводного хребта Кергелен, в то время как в восточной и юго-восточной частях района знак аномалий менялся на обратный (см. рис. 1-4).

По нашему мнению, указанные биологические особенности 1987 г. были связаны с нарушением обычной для района схемы циркуляции и положения фронтальных зон, главным образом ЮПФ, разделов ПФ, САФ, при которой изменилась обычная для района композиция антарктических и субантарктических вод в пределах ПФЗ.

Анализ материалов показывает, что в 1987 г. отмечалось аномальное развитие квазистационарного антициклонического меандра САФ и ЮПФ, при котором трансформированные субантарктические воды в верхнем слое распространились с севера на юг вдоль хребта Кергелен практически до о. Херд, что и привело к аномальному повышению температуры поверхностного слоя, понижению солёности и обусловило аномальное распределение гидробионтов. При этом крупномасштабный циклонический меандр ЮПФ хотя и был также более интенсивным, чем обычно, формируя зону отрицательных аномалий температуры, однако был оттеснен к востоку от шельфовой зоны арх. Кергелен и занимал более южное положение на 1-2° широты, чем обычно. Это подтверждается сравнением данных гидрологической осенне-зимней съёмки 1987 г. на НПС "Проф. Месяцев" и НПС "Скиф" с материалами некоторых прошлых съёмок ЮгНИРО (рис. 5).

Как видно из рисунка, в 1987 г. ЮПФ был несомненно в более южном положении даже сравнительно с данными съёмки 1969-70 гг., выполненной в летний период, в который фронт обычно находится в крайнем южном положении. А в сравнении с зимним периодом 1971 и 1975 гг. в 1987 г. он фиксировался южнее на 2-3° широты (см. рис. 5).

Таким образом, аномальное состояние биотической части экосистемы Кергелен вполне объяснимо существенными аномалиями его абиотической части, обусловленной смещением фронтальных зон.

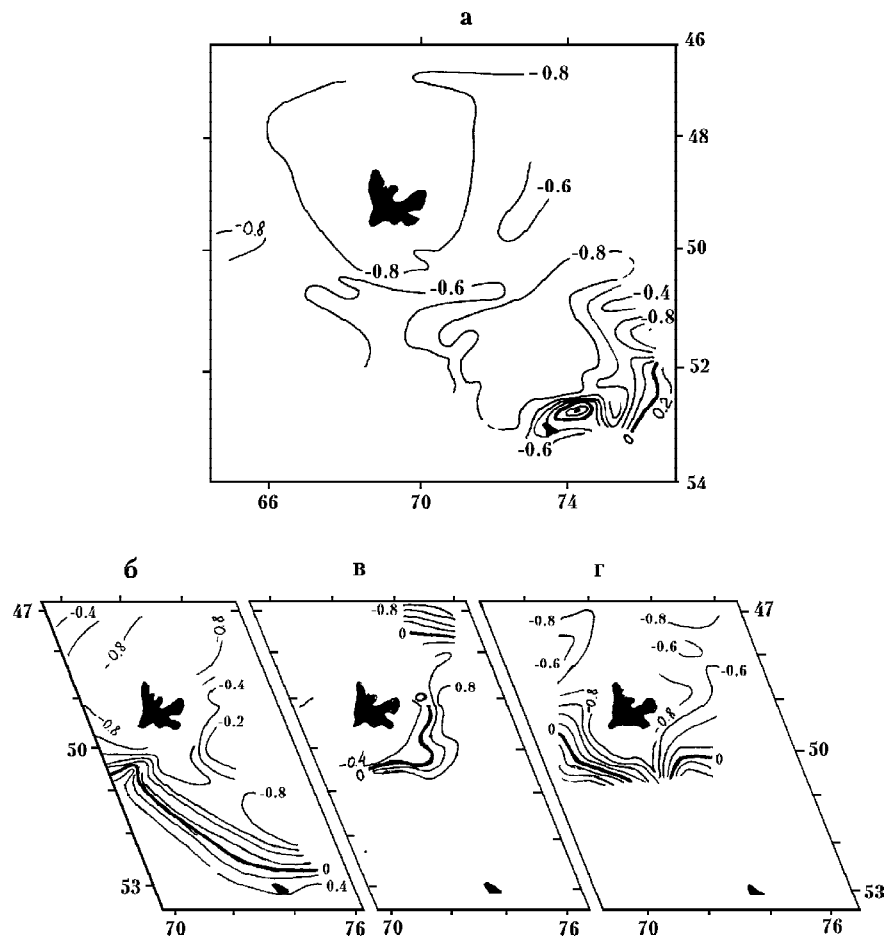


Рис. 5. Изолинии коэффициента корреляции  $R_{TS}$  по данным океанографической съемки в марте-июле 1987 г. (а) и более ранних съемок ЮгНИРО: в декабре 1969-феврале 1970 г. (б), июле-сентябре 1971 г. (в), июле 1975 г. (г)

Значительные аномалии в экосистеме Кергелен отмечались также в летне-осенний сезоны 1994-1995 гг. В этот период произошло резкое ухудшение промысла щуковидной белокрыжки на традиционных участках восточного и северо-восточного районов. Скопления не имели большой плотности и были крайне неустойчивы, распавшись в течение нескольких дней и формируясь на других участках. Условия для нагула этой рыбы были неблагоприятными, а темп его роста на 0,9-1,2 см меньше, чем в 1991-1992 гг. [Пшеничнов, 1995]. Отмечалось также аномальное поведение и патагонского клыкача. Его скопления регистрировались южнее, чем обычно, особенно при преобладании северо-западных ветров, при этом наиболее стабильный промысел сопровождался высоким атмосферным давлением и слабыми западными и северо-западными ветрами [Chikov, 1995].

В этот аномальный период не проводилось океанографических наблюдений, что затрудняет точную оценку абиотических условий. Однако

по эпизодическим измерениям температуры поверхностного слоя тепловой фон поверхностных вод был аномальным. В частности, фиксировалось резкое потепление поверхностных вод на северо-восточном участке и формирование резкой градиентной зоны (0,4-0,8 °/милю) [Пшеничников, 1995].

Анализ барических карт показал, что атмосферная циркуляция в районе летом 1995 г. имела столь уникальные особенности, что аналогов им не отмечалось за весь предыдущий период наблюдений. В этот период Южно-Индийский барический максимум был активнее и в целом располагался южнее, чем обычно. Его западный антициклон стационарировал между 60-90° в. д., часто развиваясь в южном направлении. Это приводило к созданию блокирующих ситуаций, нарушающих движение циклонов Полярного фронта с запада на восток в районе арх. Кергелен и восточнее. В результате с частой повторяемостью формировались обширные субмеридиональные циклонические области, развивающиеся вдоль 60-70° в. д. от 60 до 40-30° ю. ш. При этом происходило встречное приближение к этой циклонической области тропических циклонов из района о. Маврикий. Тропические циклоны смещались в южном направлении, достигая арх. Кергелен и сливаясь с циклонами Полярного фронта, по сути превращаясь из тропических в полярные, после чего они разрушались. В течение января-февраля 1995 г. наблюдалось несколько таких необычных ситуаций. Тропические циклоны вызывали теплую маловетренную погоду с морозящими осадками в районе арх. Кергелен, вследствие поступления туда субтропического воздуха. Следует отметить, что таких вторжений тропических циклонов в район арх. Кергелен не фиксировалось ранее, и появление таких ситуаций свидетельствует о глобальных нарушениях атмосферной циркуляции в индийском секторе в последние годы. Можно предположить, что в результате соответствующих атмосферным воздействиям подвижек САФ и ПФ в южном направлении с севера вдоль хребта Кергелен, как и в 1987 г., поступали теплые воды, при этом циклонический меандр ЮПФ в восточной и северо-восточной частях был смещен в глубоководную зону, что и объясняет имеющие место положительные аномалии температуры и соответствующие аномалии поведения гидробионтов.

Таким образом, очевидно, что продуктивность и, в частности, рыбопродуктивность района о-вов Кергелен и Херд во многом определяется степенью влияния антарктических вод на шельфы этих островов. На участках выхода этих вод к шельфу создаются особенно благоприятные условия (хорошая кормовая база) для образования нагульных промысловых скоплений серой нототении и крупноразмерной щуковидной белокровки. В свою очередь, интенсивность адвекции трансформированных антарктических вод к шельфу зависит от положения и интенсивности крупномасштабных циклонических меандров ЮПФ и ПФ западнее и особенно восточнее о-вов, которые, формируясь под воздействием рельефа дна, имеют квазистационарный характер. При этом любая аномальность положения фронтов в данном районе может вызвать немедленные изменения поведения гидробионтов и условий их скапливания.

Исследования показывают, что влияния динамики фронтов и других гидрометеорологических параметров на состояние биотической части экосистемы и, в частности, на распределение рыбы и даже на ее размеры могут проявляться как без значительных временных задержек (квазисинхронно), так и с временными сдвигами различной продолжительности (ассинхронно) [Гасподарик и др., 1993]. Корреляционный анализ позволил установить наличие связей между соленостью в восточной части района, которая отражает интенсивность развития восточного крупного циклонического меандра ЮПФ и ПФ, и уловами щуковидной

белокровки на восточном и северо-восточном участках с временными сдвигами 1 и 2 года. На сдвиге 11 месяцев значимый коэффициент корреляции при 99%-ной доверительной вероятности имел величину 0,4 [Кляусов, 1990, б]. При сдвиге 2 года коэффициенты, посчитанные по семилетним отрезкам (1-7, 2-8 и т. п.), изменялись от 0,79 до 0,88, имея тенденцию к увеличению в последние годы (рис. 6). Для всего ряда коэффициент был равен 0,62. Рост коэффициентов в последние годы в целом объясняется, по-видимому, происходящими изменениями положения щуки в экосистеме о-вов Кергелен и промысле, когда после подрыва запасов мраморной нототении численность щуки возросла и от второстепенного она стала в восьмидесятих годах основным объектом промысла.

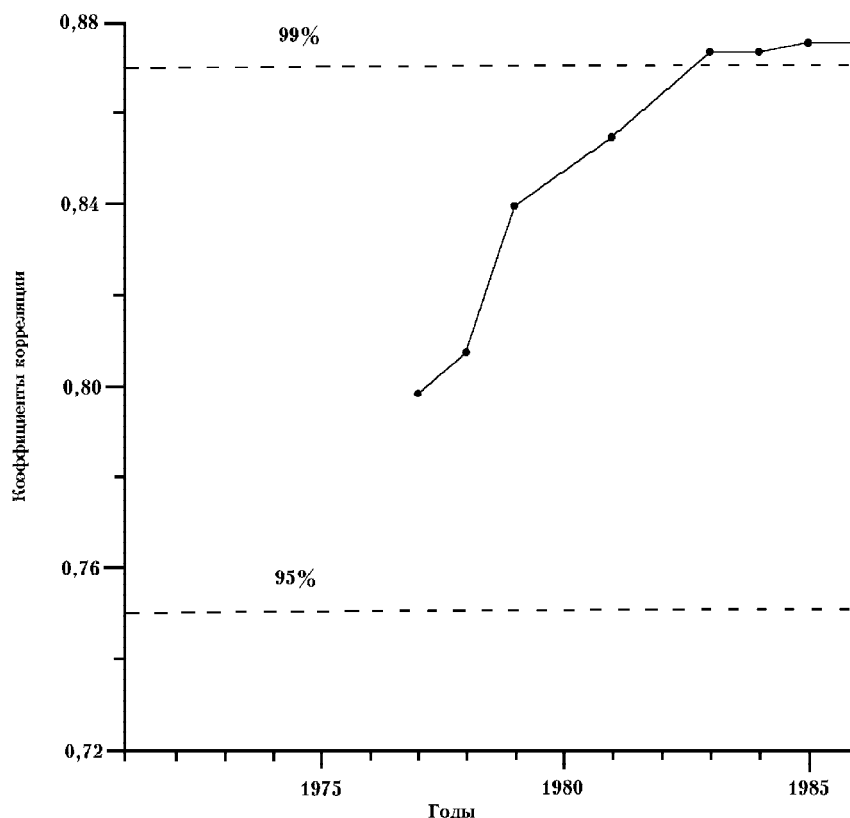


Рис. 6. Адаптивный взаимокорреляционный анализ зависимости уловов щуковидной белокровки от солености на горизонте 200 м в районе арх. Кергелен. Предыстория корреляции 7 лет

Данная зависимость может быть использована для прогнозирования промысла с двухлетней заблаговременностью, так как отвечает требованиям всех критериев. Уравнение регрессии по последней семилетке имеет вид:

$$Y = 67S - 0,227 \cdot 10^4,$$

где  $Y$  — улов щуковидной белокровки на с/с лова в т,

$S$  — соленость в условных единицах ( $S$  — 30‰) в районе 47-49° ю. ш. и 70-72° в. д.

Полученные количественные зависимости между абиотической и биотической частями экосистемы с различными временными сдвигами показывают, что последствия аномалий среды в данной экосистеме могут проявляться в течение по меньшей мере 2 лет. Следует отметить избирательность реакции различных организмов, а также гидробионтов на разных стадиях своего развития на аномалии абиотических условий. Так, угнетенное состояние крупноразмерной шуковидной белокрылки в 1987 г. имело место на фоне массового развития молоди этой рыбы в районе северного шельфа. Другой тенденцией при появлении аномальности океанографических условий является изменение в той или иной степени облика планктонного сообщества (соотношения и численности различных видов). Не исключено, что наблюдающееся в последние десятилетия повышение температуры поверхностных вод в результате глобального потепления планеты может способствовать постепенному изменению видового состава планктона в этом районе, в частности большей встречаемости теплолюбивых видов на фоне уменьшения доминирования антарктических планктонов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аллисон А., Кидж П. Колебания ледников острова Херд и соответствующие изменения климата//Материалы гляциологических исследований. — Л.: Гидрометеиздат, 1986. Т. 57. — С.89-95.
2. Белкин И.М. Термохалинная структура, гидрологические фронты и перенос Антарктического циркумполярного течения в центральной части индийского сектора Южного океана//Антарктика. Докл. комиссий. 1989. Вып. 28. — С. 97-112.
3. Гасподарик В.П., Кляусов А.В., Прутько В.Г., Рошин Е.А., Танкевич П.Б. Асинхронные связи между параметрами среды и некоторыми характеристиками промысла основных видов рыб в районе архипелага Кергелен//Основные результаты комплексных исследований ЮгНИРО в Азово-Черноморском бассейне и Мировом океане. — Керчь: ЮгНИРО, 1993. — С. 166-171.
4. Иванченко О.П., Кляусов А.В., Павлухин С.В., Семелькина А.Н. О положении Полярной фронтальной зоны и состоянии планктонного сообщества в районе арх. Кергелен в 1987 г.//Тез. докл. IV всес. конф.: География Мирового океана на службе рационального использования морских ресурсов. — Л., 1989. — С. 64-65.
5. Карнаухов А.А., Новицкий А.Г. К вопросу о связи между коэффициентами корреляции гидрофизических полей и фронтами в океане//Морской гидрофиз. журнал, 1986. № 2. — С. 54-56.
6. Кляусов А.В. О положении Южного полярного фронта в районе островов Кергелен и Херд осенью 1987 г.//Океанология, 1990 а. Т. 30. Вып. 2. — С. 195-202.
7. Кляусов А.В. О влиянии положения Полярной фронтальной зоны на продуктивность вод в районе островов Кергелен и Херд//В сб.: Актуальные проблемы рыбохозяйственной науки в творчестве молодых ученых. — М.: ВНИРО, 1990 б. — С. 26-40.
8. Кляусов А.В. О сближении главных фронтов Южного океана восточнее архипелага Кергелен//Тез. докл. 9 конферен. по промысл. океанологии. — М.: 1993. — С. 207-209.
9. Пахомов Е.А. Состав и распределение макрозоопланктона вокруг антарктических островов Кергелен//Гидробиологический журнал, 1995. Т. 31. № 3. — С. 21-32.
10. Пермитин Ю.Е. К исследованию фауны и распространения донных рыб Антарктики//Биологические ресурсы Арктики и Антарктики. — М.: Наука, 1987. — С. 258-296.
11. Промысловое описание северной части хребта Кергелен. — Санкт-Петербург, 1992. — 84 с.
12. Пшеничников Л.К. Некоторые биологические аспекты при промысле *Champscephalus gunnari* в районе о. Кергелен в сезон 1994-95 гг.//WG. FSA. 95/14. 1995. № 5. — С. 1-16.
13. Семелькина А.Н. Сезонные изменения зоопланктона в районе островов Кергелен в 1987-1988 гг.//Пелагические экосистемы Южного океана. — М.: Наука, 1993. — С. 217-220.
14. Уловы СССР в антарктической части Атлантического, Индийского и Тихого океанов за 1970-1983 календарные годы и 1970/1971-1981/1982 переходные годы. — М.: ВНИРО, 1985. — 94 с.
15. Чечун И.С. Питание и пищевые взаимоотношения некоторых рыб субантарктических вод Индийского океана//Тр. Зоологического института, 1984. Т. 127. — С. 38-68.

16. Belkin I.M., Gordon A.L. Southern ocean fronts from the Greenwich meridian to Tasmania//J. of Geoph. Res., 1996. Vol. 101. No C2. — Pp. 3675-3696.
17. Chikov V.N. Analysis of fishing for patagonian toothfish, *Dissostichus eleginoides*, conducted during the 28th fishery voyage by SRT "Primorets"//WG-FSA-95/18. 1995. — Pp. 1-4.
18. Deacon G.E.R. Kerguelen, Antarctic and subantarctic//Deep-Sea Res., 1983. Vol. 30. — Pp.77-81.
19. Gamberoni L., Geronimi J., Jeannin P.F., Murail J.F. Study of frontal zones in the Crozet-Kerguelen region//Oceanol. Acta. 1982. Vol. 5. — Pp. 289-299.
20. Ivanchenko O.P. The structure and quantitative development of phytoplankton in the waters of the Kerguelen islands//Les rapports des campagnes a la mer//Campagnes SKALP 1987 et 1988 aux iles Kerguelen a board des navires "Skif" et "Kalper". Institut Francais pour la Recherche et la Technologie Polaires Sous la Direction de Guy Duhamel, 1993. — Pp. 73-83.
21. Lutjeharms J.R.E., Baker D.J. A statistical analysis of the meso-scale dynamics of the Soutern Ocean//Deep Sea Res., 1980. Vol. 27 A. — Pp. 145-159.
22. Orsi A.H., Whitworth T. III, Nowlin W.D.J. On the meridional extend and fronts of the Antarctic Circumpolar Current//Deep-Sea Res., 1995. Vol. 42. No 5. — P. 641-673.
23. Park Y.H., Gamberoni L., Charriaud E. Frontal structure, water masses and circulation in the Crozet Basin//J. Geophys. Res., 1993. Vol. 98. — Pp. 12,361-12,385.
24. Semelkina A.N. Development of the zooplankton in the Kerguelen islands region in the years 1987-88//Les rapports des campagnes a la mer//Campagnes SKALP 1987 et 1988 aux iles Kerguelen a board des navires "Skif" et "Kalper". Institut Francais pour la Recherche et la Technologie Polaires Sous la Direction de Guy Duhamel, 1993. — Pp. 90-103.
25. Sparrow M.D., Heywood K.J., Brown J., Stevens D.P. Current structure of the South Indian Ocean//J. Geophys. Res., 1996. Vol. 101. No C 3. — Pp. 6377-6391.
26. Stramma L. The South Indian Ocean Current//J. Physical Oceanography, 1992. No 22. — P. 421-430.