

639.2.053.1 : 551.463.6(261)

О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ИЗМЕНЧИВОСТИ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОМЫСЛОВОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ АТЛАНТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ) И ВОЗМОЖНОСТЯХ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОГНОСТИЧЕСКИХ ЦЕЛЯХ

Е. В. Солянкин

Колебания биопродуктивности и, в конечном счете, промысловой рыбопродуктивности тех или иных районов Мирового океана в значительной мере определяются изменчивостью комплекса океанологических факторов (Моисеев, 1969). Отсюда очевидна важность изучения закономерностей долговременной изменчивости этих факторов как продуцентов рыбопромысловой продуктивности. Существенный вклад в изучение этой проблемы внес Г. К. Ижевский (1961, 1964). В последние годы также было сделано немало попыток исследования изменчивости различных элементов океанологического режима, влияющих на условия воспроизводства, с конечной целью их возможной экстраполяции на длительные сроки и определения фона ожидаемой рыбопродуктивности. В своей работе мы попытаемся подвести итог исследованиям, касающимся в основном вопроса многолетних флуктуаций теплосодержания атлантических вод, возможностей их прогноза как индекса общих океанологических условий воспроизводства основных промысловых рыб Атлантической системы (Ижевский, 1961, 1964), а следовательно, и уровня воспроизводства.

За последнее время выполнено довольно много исследований частотной структуры (периодов колебаний) более или менее продолжительных рядов наблюдений над различными океанологическими элементами, ассоциируемыми в той или иной степени с основными показателями условий воспроизводства. Такие работы выполнены и для отдельных районов Атлантической природной системы, в частности для разреза по Кольскому меридиану — своеобразного показателя флуктуаций общих океанологических условий Атлантической системы. Выявленные закономерности многокомпонентного структурного построения относительно продолжительных рядов океанологических характеристик во многих случаях были использованы для построения прогностических зависимостей с целью определения ожидаемого фона океанологических условий и соответственно уровня воспроизводства промысловых рыб (Бочков, 1964, 1966; Бочков и др., 1967; Антонов, 1962, 1964; Колесников, 1967; Кудерский, 1960 и др.). Суть этих прогнозов (компонентно-гармонический метод, по Максиму, 1970) сводилась к оценке вклада выделенных теми или иными математическими приемами¹ (в основном посредством периодограмманализа Шустера) периодических колебаний (гармоник) в построение сложной кривой хода показателей реальных

¹ Анализ этих методов посвящены специальные работы (Борис, 1967; Варзар, 1934; Серебренников, 1948; Серебренников и Первозванский, 1965).

природных явлений и их последующей экстраполяции. Большинство этих прогнозов следует признать неудачными. В качестве примера укажем только на очевидную разнозначность хода колебаний теплосодержания атлантических вод в фоновом прогнозе на 1961—1970 гг. (Бочков, 1964) и фактического хода; в детализированном прогнозе того же автора на 1965—1970 гг. оправдываемость близка к уровню случайных величин (Бочков, 1966; Бочков и др., 1967).

На наш взгляд, причина этих неудач кроется главным образом в отождествлении выявленных мнимопериодических (или квазипериодических) колебаний со строго периодическими, а также в ряде случаев связана с трудностью выявления и учета колебаний малой или относительно большой продолжительности. Действительно, известные методы выделения скрытых периодичностей позволяют определить только преобладающие, средние для данного отрезка реализации, периоды колебаний; сами размерности максимального и минимального периодов также зависят от длины реализации и интервала наблюдений. Анализ различных отрезков реализации, как правило, выявляет определенные и подчас существенные различия в продолжительности этих периодов и их амплитуд (Максимов, 1970). Если обратиться к результатам исследований временных колебаний метеорологических характеристик, то их особенностью можно считать отсутствие строго равных промежутков между экстремальными значениями и непостоянство амплитуд колебаний — от значительных до ничтожно малых (Пармузина, 1968).

Только в весьма немногих работах уделяется внимание вопросу изменчивости «периодов» колебаний океанологических характеристик. Но уже из этих работ (Бочков, 1966; Потайчук, 1972), посвященных, в частности, исследованию ритмики долговременных колебаний теплового состояния атлантических вод, очевиден факт значительных изменений основных параметрических показателей. К сожалению, выявленная изменчивость не носит строгого характера и пока не может быть представлена в аналитической форме с целью улучшения прогнозов на «периодической» основе.

Трудности, связанные с выявлением и учетом относительно больших и малых периодов, также препятствуют построению достоверного прогноза. Так, на наш взгляд, более удачный, чем иные, прогноз теплового фона на 60-е годы для Атлантической системы, полученный Г. К. Ижевским (1964), возможно связан с учетом именно долговременных вариаций (18—20 лет). Однако детализацию этого прогноза также нельзя признать удачной.

Как правило, в исследованиях частотной структуры отсутствует достаточно обоснованная физическая интерпретация выявленных колебаний; она зачастую подменяется декларацией связи с «внешними» (космогеофизическими) силами. В то же время, как это показано в работах И. В. Максимова (1970), посвященных вопросам генезиса долговременных флуктуаций элементов гидрологического режима, в изменениях самих внешних сил нет строгой периодичности: меняются как их продолжительность, так и амплитуда.

К рассмотренному выше методу близок так называемый динамико-статистический метод, учитывающий также внутренние закономерности поведения рядов предсказываемых характеристик, но в применении к крупномасштабным и значительно осредненным во времени природным явлениям (Алехин, 1963). И в этом случае так или иначе учитывается цикличность изменений, исходя из основного отправного момента — вида корреляционной функции, величин ее ординат и степени их затухаемости. Сама экстраполяция рядов основывается на внутренней, обратной скоррелированности членов ряда в широком диапазоне временных сдвигов. Но при обращении к виду корреляционной функции,

ее отчетливости и цикличности обычно не анализируется степень ее устойчивости во времени; в лучшем случае из самого вида функции процесс предполагается близким к стационарному (в целях экстраполяции авторы прибегают к математическому аппарату теории стационарных случайных функций). Что же касается действительной стационарности природных процессов, то, по-видимому, можно говорить только об относительной близости к стационарным тем или иным процессам в каждом конкретном случае. Отсюда, по-видимому, чисто эмпирические поиски возможных путей использования динамико-статистического метода в прогнозировании — определение оптимальной величины среднего периода корреляционной функции как критерия эффективности последующих расчетов, необходимость последовательного, через каждые 2—3 года, нового подсчета функций экстраполяции и др. (Алехин и др., 1968). Поэтому отдельные удачные попытки экстраполяции средней годовой температуры на разрезе по Кольскому меридиану (Гвоздева и др., 1970) на очень небольшом независимом материале еще не позволяют говорить об уверенном прогнозе на основе динамико-статистического метода.

Из изложенного выше видно, какой большой научный интерес и практическую важность в решении проблемы долгосрочных прогнозов абиотических условий воспроизводства приобретает выявление физических факторов, определяющих долговременную изменчивость основных абиотических показателей, оценка возможных вариаций этих факторов. И хотя многое в указанной проблеме неясно, находится в стадии гипотетического толкования, все же использование уже имеющегося материала (эмпирического или полуэмпирического) целесообразно. В этом аспекте интересны работы Е. И. Серякова (1964а, б; 1967), скорее не в отношении прогностических результатов, а самой постановки вопроса использования прогностических связей. Автором была предложена следующая схема для долгосрочного прогноза теплового состояния вод южной части Баренцева моря (по материалам разреза по Кольскому меридиану): прогноз солнечной деятельности — прогноз общей циркуляции атмосферы в I секторе (атлантико-европейском) северного полушария (типизация Вангенгейма — Гирса) — прогноз теплового состояния деятельного слоя моря. Однако интерпретация предложенных им прогностических положений не отличается строгостью. В стремлении дать не только характеристику ожидаемого фона тепловых условий для 1959—1965 и 1966—1970 гг., но и относительную детализацию качественных оценок, автор допускает ошибку, заключающуюся в применении выводов А. А. Гирса (1956, 1963) относительно смены циркуляционных эпох в зависимости от векового хода солнечной активности к процессам внутри 11-летнего цикла. В то же время именно внутри этого цикла не отмечается столь четких соотношений основных форм атмосферной циркуляции с уровнем солнечной активности (Гирс, 1971).

Согласно современным представлениям в долговременных изменениях макроциркуляционных условий в атмосфере Земли значительную и даже преимущественную роль играют вековые изменения среднего уровня солнечной активности (Гирс, 1956; 1963; Максимов, 1970; Эйгенсон, 1957). Представляют интерес доведенные до прогностического выхода исследования А. А. Гирса (1956, 1963, 1971) о связи атмосферных циркуляционных процессов с изменениями уровня солнечной активности. В результате сопоставлений весьма обобщенных показателей (интегральных кривых аномалий чисел Вольфа и числа дней с основными типами атмосферной циркуляции в атлантико-европейском секторе северного полушария) им получен вывод об увеличении повторяемости меридиональных форм атмосферной циркуляции с возрастанием солнечной активности и, напротив, о преобладании зонального состояния

циркуляции атмосферы при слабо выраженной солнечной активности. Имеющиеся в настоящее время сверхдолгосрочные прогнозы основных форм циркуляции атмосферы в северном полушарии (Вительс, 1962; Гирс, 1963, 1971) построены прежде всего на основе указанных выше гелиогеофизических связей и ожидаемого в ближайшие десятилетия спада векового хода (нисходящая ветвь) солнечной активности.

Прогностические решения такого вида, касающиеся общего фона макроциркуляционных условий, не указывают на те или иные аномальные проявления атмосферной циркуляции, возможно связанные с циклами солнечной деятельности меньшей длительности, воздействием других космогеофизических сил или просто земных факторов, сложных земных взаимосвязей, взаимодействия океана и атмосферы и т. д. Слабая разработанность этих вопросов (особенно в их взаимосвязи), естественно, не способствует удовлетворительному прогностическому решению для относительно малых временных масштабов. Примером этого могут быть упомянутые выше работы Е. И. Серякова (1964а, б, 1967), где автор в попытках детализации неизбежно приходит к эклектичности прогностических построений.

Естественно, что фоновый прогноз теплового состояния вод, исходя из ожидаемого развития макроциркуляционных процессов в атмосфере, должен опираться на исследования, в какой-то мере связывающие основные особенности теплового режима океанических районов с характерными формами атмосферной циркуляции. В этом аспекте интересны результаты сопоставлений средних годовых значений теплового баланса южной части Баренцева моря и аномалий средних температур слоя 0—200 м на разрезе по Кольскому меридиану, косвенно характеризующих величину адвекции тепла североатлантическими водами, для лет с различными типами (по Вангенгейму) атмосферной циркуляции (Серяков, 1962). В годы с преобладанием зонального переноса (тип W) наблюдается в основном ослабление адвекции тепла и, напротив, в годы с повышенной повторяемостью меридиональных форм (типы E и C) происходит ее усиление; для переходной эпохи (тип E+C) характерны весьма заметные межгодовые колебания. При всем предвратительном характере этих выводов (расчеты выполнены для 17 лет) вряд ли цитируемому автору следовало их игнорировать при обосновании фонового прогноза теплового состояния незамерзающей части Баренцева моря (Серяков, 1964а). Позднее аналогичные выводы были сделаны при сопоставлении в более широком масштабе (масштабе Северной Атлантики) многолетнего хода средних годовых аномалий поверхностной температуры и повторяемости основных форм атмосферной циркуляции по Вангенгейму (Смирнов, 1966). При рассмотрении многолетнего хода сглаженных по десятилетиям средних температур деятельного слоя вод на разрезе по Кольскому меридиану выделяются отрезки времени с различными «уровнями» теплового состояния, которые довольно хорошо совпадают с «эпохами» циркуляции атмосферы (типизация Вангенгейма—Гирса), т. е. длительными отрезками времени с преобладающей повторяемостью одной или двух форм атмосферной циркуляции (Солянкин, 1971).

Приведенные примеры однотипных и достаточно показательных соотношений элемента термического режима атлантических вод с характерными формами развития атмосферных макропроцессов, несмотря на разнородность используемых температурных характеристик, свидетельствуют о неслучайности их проявления. Но в некоторых работах высказываются соображения, противоречащие приведенным выше соотношениям. Так, по данным Валериановой (1961), в годы с преобладанием формы W должен увеличиваться приток атлантических вод в северные районы. Такой вывод основывается на повышенной повторяемо-

сти в эпоху W, выделенных для Северной Атлантики на основе типизации Вангенгейма подтипов (более дробная классификация) атмосферной циркуляции, способствующих, по-видимому, усилению дрейфовой составляющей поверхностных течений (Валерианова, 1961, 1965). С нашей точки зрения, этот вывод недостаточно убедителен в силу ряда причин: малой статистической обоснованности повторяемости подтипов при той или иной форме циркуляции; использования средних картин барического поля при том или ином подтипе атмосферной циркуляции, т. е. отсутствии учета возможных колебаний интенсивности барических градиентов; акцентирования роли чисто местных условий (форм барического рельефа именно над Норвежско-Гренландским бассейном).

Таким образом, нет оснований отрицать возможность и целесообразность использования в целях долгосрочного прогнозирования океанологических условий в Атлантической системе уже имеющихся (в основном качественных) связей с основными типами макроциркуляционных процессов (по классификации Вангенгейма), отражающих основные особенности переноса воздушных масс в средних широтах. При этом следует подчеркнуть, что больший эффект фонового прогноза гидрологических условий на изложенной выше основе может быть достигнут при рассмотрении отрезков времени, тождественных или близких к ожидаемым «циркуляционным эпохам», но не по отношению к конкретным годам и даже небольшим группам лет.

Изложенные выше положения относительно характера связей при рассмотрении последовательных звеньев природных явлений (солнечная активность — атмосферная циркуляция — океанологические условия) позволили нам высказать некоторые прогностические соображения об ожидаемых в 70-х годах общих океанологических условиях в Атлантической системе (Солянкин, 1971; Богданов и др., 1972). В основу прогноза был положен в свою очередь прогноз А. А. Гирса (1971) о смене циркуляционных эпох на фоне ожидаемого примерно с 1972 г. спада векового хода солнечной активности. Под «спадом» в данном случае подразумевается нисходящая ветвь векового хода применительно к интегральной кривой чисел Вольфа, т. е. отрицательные аномалии вековой составляющей солнечной деятельности. Последнее следует учитывать, так как по данным астрофизических исследований абсолютный максимум солнечной деятельности наблюдался в 1957 г., после чего отмечен спад абсолютных значений солнечной деятельности (чисел Вольфа).

Пытаясь детализировать предстоящую циркуляционную эпоху в северном полушарии (атлантико-европейском секторе), А. А. Гирс учел также некоторые другие космогеофизические факторы (влияние долгопериодной составляющей приливных сил, нутаций полюса Земли) и средства прогностического анализа. Наиболее весомыми являются прогностические положения о преобладании западной формы W в развитии атмосферных циркуляционных процессов после 1972—1975 гг. (примерно до 1986 г.). В качестве дополнительного компонента в этот отрезок времени может получить заметное развитие восточная форма E циркуляции.

Обращение к относительно уточненному прогнозу развития основных форм циркуляции атмосферы в принципе не меняет высказанного нами ранее на основе прогноза только векового хода солнечной активности (Солянкин, 1971) положения об ожидаемом пониженном (по отношению к «норме») тепловом состоянии атлантических вод в 70-х годах. Можно также ожидать заметно выраженных межгодовых изменений. Рассматривая пониженный тепловой фон как показатель общих океанологических условий в Атлантической системе, можно предполо-

жить развитие мало благоприятных условий для воспроизводства основных промысловых рыб (сельдь, треска).

Часто в прогностических схемах рассматриваются только конечные звенья взаимосвязей природных явлений, к которым прежде всего следует отнести взаимосвязи атмосферных и океанологических процессов. К выводам же об ожидаемых условиях приходят исходя из закономерностей развития самих атмосферных процессов; получают эти закономерности из разного рода эмпирико-статистических предпосылок. Наибольший интерес в этом плане представляют работы, оперирующие с возможно более репрезентативными характеристиками циркуляционных (атмосферных) процессов. С этой точки зрения интересна планетарная высотная фронтальная зона (ПВФЗ), являющаяся границей между высотными циклонами и антициклонами. Эту зону справедливо считают устойчивым показателем характера и интенсивности общей циркуляции атмосферы.

Обращение к ПВФЗ как прогностическому фактору тем более интересно, что изменения ее географического положения и конфигурации сопряжены с основными формами атмосферной циркуляции по Вангенгейму (Байдал, 1964). Весьма показательны в рассматриваемом аспекте выполненные М. А. Богдановым (1965) сопоставления изменений географического положения ПВФЗ с разного рода гидрометеорологическими характеристиками и, в частности, с теплосодержанием вод деятельного слоя на разрезе по Кольскому меридиану как косвенным показателем интенсивности течений системы Гольфстрим. Довольно тесная корреляционная зависимость ($r = -0,88$) отмечена между широтными изменениями оси ПВФЗ на 40° з. д. (положительный знак при сдвиге к северу) и средними годовыми температурами слоя 0—200 м на разрезе по Кольскому меридиану, осредненными по периодам стационарирования полюса циркуляции в приполюсных районах. В данном случае сопряженность атмосферной циркуляции и циркуляции океанических вод, так же как при использовании ранее типов Вангенгейма, наиболее четко выявляется при сопоставлении характеристик, осредненных в значительном временном масштабе (порядка нескольких лет). Это не случайно, потому что именно в отдельные годы может иметь место заметно выраженное отклонение от некоторых средних, типовых положений, сопровождающееся ослаблением или нарушением связей показателей атмосферной и океанической циркуляции.

И ПВФЗ, и схемы барического поля северного полушария, по Вангенгейму, отражают основные, глобальные черты макроциркуляционных процессов в атмосфере; естественно, что использование их в качестве предикторов позволяет получить только фоновые характеристики гидрологического режима. К слабым сторонам прогноза, использующего связи изменений ПВФЗ с развитием гидрологических процессов, следует отнести еще недостаточное знание закономерностей пространственно-временных смещений ПВФЗ. Имеющийся ряд наблюдений слишком мал для надежного анализа изменчивости амплитуд волновых колебаний или продолжительности так называемых периодов стационарирования полюса циркуляции атмосферы и т. д. Тем не менее уже имеющийся материал дает возможность судить о возможной тенденции в развитии ПВФЗ на ближайшие годы и в связи с этим высказывать обоснованные соображения по вопросу долгосрочного фонового прогноза некоторых элементов гидрологического режима. Весьма полезно использовать эти соображения наряду с результатами других методов долгосрочного прогноза и прежде всего метода, связывающего развитие океанической циркуляции со сменой основных циркуляционных форм в атмосфере, по Вангенгейму — Гирсу (Богданов и др., 1972).

В последние годы была сделана попытка разработать так назы-

ваемый «генетический» метод долгосрочного прогноза гидрометеорологических характеристик (Максимов и др., 1967; Максимов, 1970; Саруханян и др., 1970). В основу его положено не традиционное рассмотрение эффекта различных форм и интенсивности атмосферной макроциркуляции в долговременных флуктуациях поля океанических течений, а рассмотрение непосредственного влияния некоторых космогеофизических сил на изменения элементов гидрологического режима. Долгопериодные составляющие приливных сил, нутационных явлений и солнечной активности рассматриваются как деформирующие силы, приводящие к нарушениям равновесного состояния уровня поверхности океана и соответственно крупномасштабным изменениям океанической циркуляции.

Схема генетического прогноза, предложенного И. В. Максимовым (1967), включает первоначальное определение связей между космогеофизическими силами и соответствующими составляющими наблюдаемых гидрологических характеристик (выделяемых, как правило, формальными статистическими приемами) и дальнейшее прогнозирование на определенный срок вперед значений внешних сил. Естественно, что, кладя в основу учет парциальных эффектов возмущающих сил, необходимо иметь достаточно хорошее представление о внутренней структуре рядов наблюдений над гидрологическими характеристиками.

Авторы генетического метода полагают, что ритмичности порядка 18—19, 11 и 6—7 лет, а также вековые колебания достаточно хорошо выявляются в реально наблюдаемых характеристиках (они и кладутся в основу выделения соответствующих составляющих) и физически связаны с перечисленными выше космогеофизическими силами, ход которых в той или иной мере можно рассчитать (Максимов, 1970). Но ограниченное число известных факторов-предикторов, определяющих долговременные изменения гидрологических условий, может, по-видимому, привести только к фоновому решению прогностической задачи. Сама методика количественных расчетов далеко не совершенна. Выделение из значений гидрологических характеристик составляющих, обусловленных действием тех или иных внешних сил, с помощью скользящего осреднения и т. п. может в лучшем случае дать только приближенное выражение. Да и сам прогноз некоторых индексов внешних сил, например нутационного, не имеет еще под собой достаточной основы; по сути дела, нутационный индекс экстраполируется, исходя из 6—7-летней цикличности. О недостатках такого прогнозирования (на строго периодической основе) мы уже упоминали выше.

Недостаточно также разработан и метод прогноза хода вековой составляющей солнечной активности. Имеющийся в настоящее время прогноз многолетних изменений уровня солнечной деятельности, составленный И. В. Максимовым (1963), вряд ли может удовлетворить поставленным целям. Сравнение прогностических значений и 22-летних скользящих величин среднегодовых значений чисел Вольфа (отражающих, по Максиму, вековой ход) указывает не только на сдвиг фаз экстремальных значений, но, главное, на заметно возрастающий разброс на ветви спада примерно с середины 60-х годов.

В последующем ученики И. В. Максимова (Саруханян и др., 1970), сохранив основные посыпки предложенного им генетического метода, попытались увеличить надежность метода (на примере прогноза температуры воды на Кольском меридиане), его точность и оправданность модифицированием основных прогностических связей и использованием относительно малых квазипериодических вариаций (2,5 и 4,8 лет). Для этих вариаций еще не установлена связь с какими-либо определенными геофизическими силами, и ввод их в расчетную формулу осуществляется с помощью гармонического метода. Но это до-

полнение, с нашей точки зрения, не может привести к желаемой цели. С одной стороны, прогнозирование на гармонической основе (как это было показано выше) само по себе недостаточно надежно, а с другой — увеличение числа прогностических связей, не всегда статистически обоснованных (как, например, при использовании нутационного индекса), может привести к накоплению ошибок, которые трудно оценить. Довольно хорошая обеспеченность метода (средняя квадратическая ошибка $0,2^\circ$) еще не может явиться достаточным показателем надежности метода; проверка на независимом материале 1966—1971 гг. показала, что в трех случаях ошибка превышала 20% от величины размаха средних годовых температур многолетнего ряда наблюдений на разрезе по Кольскому меридиану.

Анализ «веса» различных компонент температурных колебаний, по данным Э. И. Саруханяна и Н. П. Смирнова (1970), указывает на значительную и даже определяющую роль «векового» хода в формировании теплового фона. Правда, полученные цитируемыми авторами как остаточные величины составляющие векового хода (точнее в данном случае тренда) нуждаются в проверке и корректировке. Напомним, что их появлению предшествует расчет посредством статистических приемов (не всегда достаточно обоснованных и надежных) других пяти компонент температурных колебаний.

Мы ограничили расчетную «канву» только двумя компонентами, имеющими наиболее тесную статистическую связь ($r=0,80$) с предикторами — долгопериодной составляющей приливных сил и изменениями солнечной активности. Эти расчетные величины вычитались из аномалий средних годовых температур ряда 1946—1965 гг. (при средней многолетней величине $4,02^\circ$). Остаточные значения подвергались двукратному сглаживанию — по трехлетиям¹ и графическому, с целью исключения кратковременных флуктуаций. В результате более четко выявляется тенденция долговременных изменений (тренд) температуры (рис. 1).

Нами также был проделан аналогичный расчет «назад» (до 1921 г.), указавший на приуроченность фазы максимума к началу 40-х годов (по Саруханяну и др., максимум — в начале 50-х годов). Интересно отметить, что в вековых изменениях климатических элементов, таких, например, как аномалии температуры воздуха, средних для зоны от 17° до 90° с. ш., фаза максимума также относится к началу 40-х годов (Будыко, 1971). Что же касается связи значений выявленного температурного тренда с вековым ходом солнечной активности, то, очевидно, она имеет место ($r=0,56$). Возможно, что более тесная связь обнаружится на нисходящей ветви векового хода солнечной активности; в рассматриваемые же годы для аномалий солнечной активности была характерна относительно малая изменчивость, близость к максимальным значениям.

Другое предположение сводится к возможному влиянию (опосредованному или прямому) на составляющую долговременных изменений температуры не только векового (80—90 лет) хода солнечной активности, но и более крупных циклов, относительно слабо изученных. Можно полагать, что наметившаяся еще в 40-х годах тенденция многолетних изменений температуры сохранится также в ближайшие одно-два десятилетия. Таким образом, можно в известной степени обратиться к тренду как прогностическому элементу. Правда, при этом возникает вопрос, как долго сохранится примерно линейный характер изменений темпера-

¹ Сглаживание производилось по формуле $\frac{a_1 + 2a_2 + a_3}{4}$ и формулам:

$$\frac{2a_1 + a_2}{3}, \quad \frac{2a_2 + a_1}{3} \text{ для крайних чисел ряда.}$$

туры. Но это, пожалуй, не столь существенно, если речь идет о фоновом прогнозе на ближайшие годы; в известном приближении можно даже воспользоваться постоянным значением составляющей тренда, отнесенным к конечному году имеющегося ряда наблюдений. При прогностической же оценке для отдельных, конкретных лет, по-видимому, следует учитывать особенности тренда лет, непосредственно примыкающих к прогнозируемому году. При принятии условия линейного изменения температуры (значений тренда) для независимого ряда лет (1966—1971 гг.) и расчетных значений компонент температуры, связанных

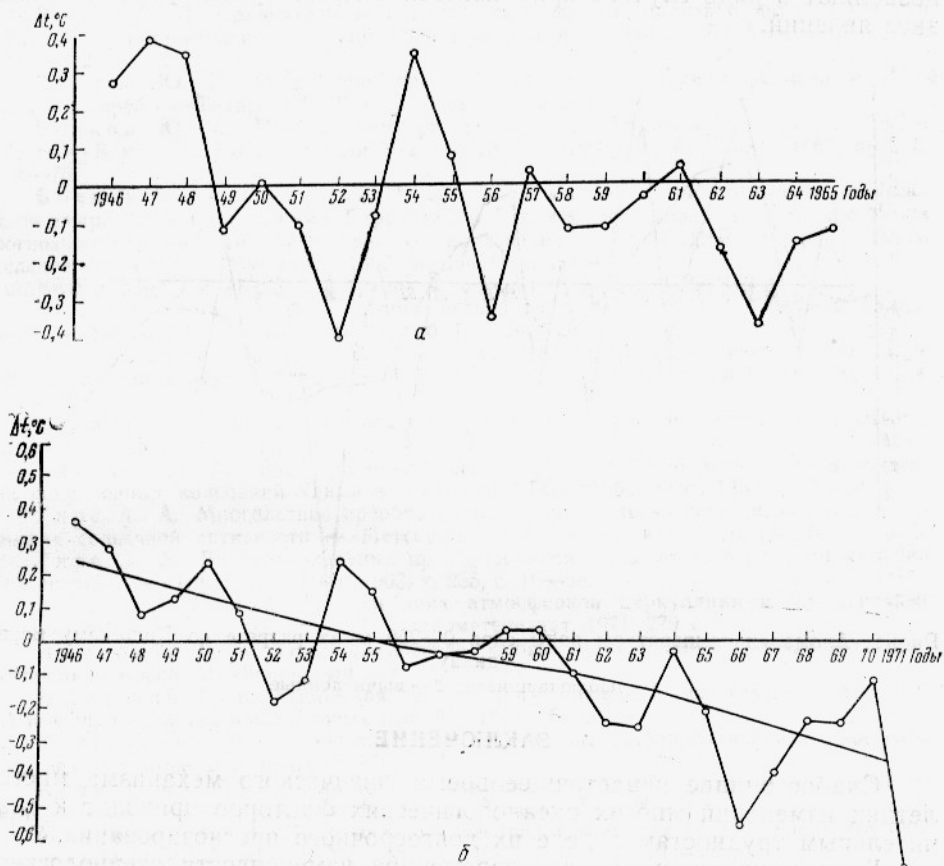


Рис. 1. Долговременная тенденция изменений температуры воды слоя 0—200 м на разрезе по Кольскому меридиану:

а — по данным Э. И. Сарухяна и др. (1970); б — по расчетам автора.

с приливными силами и изменчивостью солнечной активности¹, оправданность прогноза составила около 70%. Прогноз тепловых условий в Атлантической системе (на примере разреза по Кольскому меридиану) на 1972—1977 гг. приводит к выводу о пониженном (по сравнению с нормой) тепловом фоне (рис. 2).

В решении проблемы долгосрочных и сверхдолгосрочных прогнозов абиотических условий воспроизводства промысловых рыб наиболее перспективным является анализ физических факторов изменчивости основных показателей этих условий и использование в расчетах возможных долговременных вариаций этих факторов. Но при всей привлекательности такого пути его не следует представлять быстротечным при настоя-

¹ Параметры для расчетов взяты из «Астрономических ежегодников СССР» и журнала «Solar-Geophysical Data» (№ 318 — part 1, February 1971).

щем уровне наших знаний природных процессов и явлений, отрывочности наших представлений о их физической сущности, позволяющих зачастую давать только гипотетическое толкование определяющих факторов. В известной мере рассматриваемый выше пример генетического метода иллюстрирует это положение; сейчас этот метод можно рассматривать только как один из методов (по существу, эмпирико-статистических) долгосрочного прогноза именно фона океанологических условий. Следует также указать, что разного рода физико-статистические или просто эмпирико-статистические методы и другие приемы анализа позволяют в ряде случаев приблизиться к достоверной трактовке генезиса явлений.

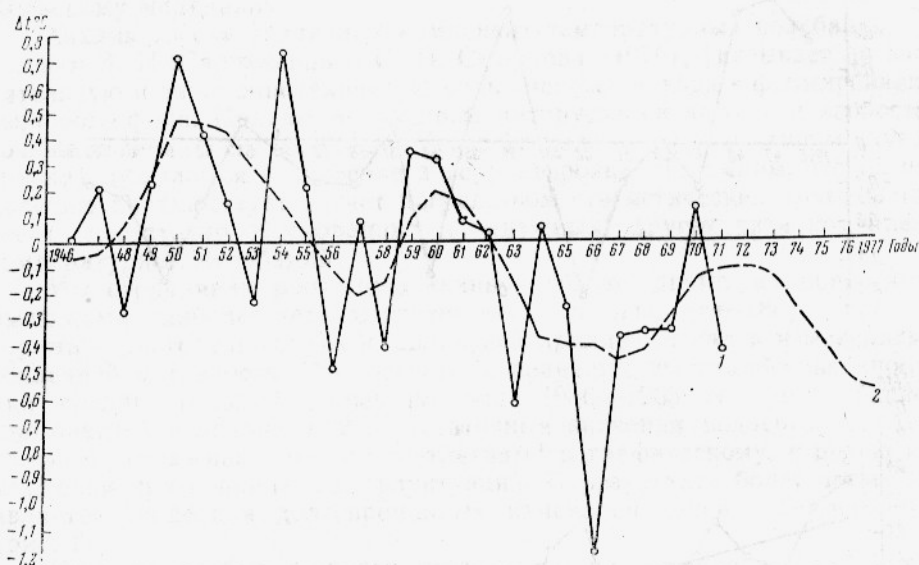


Рис. 2. Аномалии температуры воды слоя 0—200 м на разрезе по Кольскому меридиану:
1 — наблюдавшиеся; 2 — вычисленные.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Слабое знание в настоящее время физического механизма многолетних изменений многих океанологических факторов приводит к значительным трудностям в деле их долгосрочного прогнозирования.

В попытках прогноза долговременной изменчивости океанологических условий как фактора воспроизводства целесообразно использовать результаты не какого-либо одного приема, а совокупности методов и приемов прогностического анализа. В частности, представляется полезным учет рассматриваемого выше комплекса прогностических связей, к которым относятся связи океанологических условий с показателями макроциркуляционных (атмосферных) процессов и космогеофизическими силами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Алехин Ю. М. Статистические прогнозы в геофизике. Л., Изд-во ЛГУ, 1963. 85 с.
- Алехин Ю. М., Кондратович К. В., Гвоздева В. Г. Динамико-статистический метод прогнозирования гидрометеорологических процессов и его практическое применение. В кн.: Материалы рыбохозяйственных исследований Северного бассейна. Мурманск, 1968, вып. 12, с. 123—138.
- Антонов А. Е. Фоновый прогноз некоторых гидрометеорологических явлений в бассейне Балтийского моря на 1961—1980 гг. — «Труды БалтНИРО», 1962, вып. VIII, с. 77—87.

- Антонов А. Е. Океанологические основы рыбопромысловых прогнозов в южной части Балтийского моря. Калининград, 1964, 210 с.
- Байдал М. Х. Макроциркуляционный анализ и долгосрочное прогнозирование погоды, сезонных явлений и колебаний климата Казахстана. Л., Гидрометеоздат, 1964. 446 с.
- Богданов М. А. Об изменении циркуляции атмосферы и гидросферы. — «Труды ВНИРО», 1965, т. 57, сб. 2, с. 47—52.
- Богданов М. А., Потайчук С. И., Солянкин Е. В. К проблеме долгосрочного прогноза гидрологических условий и урожайности промысловых рыб. — «Рыбное хозяйство», 1969, № 9, с. 7—12.
- Богданов М. А., Елизаров А. А., Солянкин Е. В. К оценке ожидаемых условий воспроизводства промысловых рыб Северной Атлантики и морей юга ЕТС. — «Рыбное хозяйство», 1972, № 7, с. 19—21.
- Борис Л. И. Сравнительная оценка спектрального анализа и методов Фуриха и Шустера применительно к океанологическим рядам. — «Труды ЛГМИ», 1967, т. 24, с. 122—142.
- Бочков Ю. А. О долгопериодных колебаниях термики Баренцева и Норвежского морей. — «Труды ПИНРО», 1964, вып. 16, с. 277—288.
- Бочков Ю. А. Прогноз температуры воды в Баренцевом море на 1965—1970 гг. — В кн.: Материалы сессии Ученого совета ПИНРО. Мурманск, 1966, вып. 6, с. 64—75.
- Бочков Ю. А., Смирнов Н. П., Саруханян Э. И. Многолетние колебания гидрологического режима Баренцева и Норвежского морей и возможности их прогнозирования. — В кн.: Материалы сессии Ученого совета ПИНРО по результатам исследований в 1965 г. Мурманск, 1967, вып. VIII, с. 111—121.
- Будыко М. И. Климат и жизнь. Л., Гидрометеоздат, 1971. 472 с.
- Валерианова М. А. Повторяемость барических полей над Северной Атлантикой. — «Труды ЛГМИ», 1961, вып. 10, сб. 1, с. 7—19.
- Валерианова М. А. Изменчивость температуры воды в Северной Атлантике при разных типах атмосферной циркуляции. — «Труды ЛГМИ», 1965, вып. 20, сб. 4, с. 37—42.
- Варзар С. К вопросу об отыскании скрытых периодичностей (метод Шустера). — «Записки ГГИ», 1934, вып. 13, с. 39—77.
- Вительс Л. А. Аномалии циклического хода солнечной активности и тенденции современных колебаний климата. — «Труды ГГО», 1962, вып. 133, с. 35—54.
- Гирс А. А. Многолетние преобразования форм атмосферной циркуляции и изменения солнечной активности. — «Метеорология и гидрология», 1956, № 10, с. 3—13.
- Гирс А. А. Внутризональные преобразования форм атмосферной циркуляции и их причины. — «Труды ААНИИ», 1963, т. 255, с. 16—35.
- Гирс А. А. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные гидрометеорологические прогнозы. Л., Гидрометеоздат, 1971. 279 с.
- Ижевский Г. К. Океанологические основы формирования промысловой продуктивности морей. М. Пищепромиздат, 1961. 215 с.
- Ижевский Г. К. Системная основа прогнозирования океанологических условий и воспроизводства промысловых рыб. М., 1964. 165 с.
- Колесников В. Г. Океанологические основы рыбопромысловых прогнозов в Норвежском море. Калининград, 1967. 153 с.
- Кудерский С. К. Прогноз многолетних колебаний придонной солености Балтийского моря. — «Труды БалтНИРО», 1960, вып. IV, с. 28—31.
- Максимов И. В. Опыт прогноза вековой составляющей солнечной деятельности. — «Проблемы Арктики и Антарктики», 1963, вып. 12, с. 21—32.
- Максимов И. В., Смирнов Н. П. Генетический метод прогноза многолетних колебаний климатических характеристик в океане. — «Труды ПИНРО», 1967, вып. 20, с. 323—335.
- Максимов И. В. Геофизические силы и воды океана. Л., Гидрометеоздат, 1970. 447 с.
- Моисеев П. А. Биологические ресурсы Мирового океана. М., «Пищевая промышленность», 1969. 338 с.
- Пармузина Т. А. Атмосферные ритмы и их исследование в морской климатологии. — «Труды НИИАК», 1968, вып. 50, с. 112—119.
- Потайчук С. И. Некоторые результаты статистического анализа долгопериодной изменчивости температуры воды в Северной Атлантике. — «Труды ВНИРО», 1972, т. 75, с. 125—134.
- Разработка методов долгосрочного прогнозирования и составление оперативных прогнозов температуры воды в Баренцевом и Норвежском морях. — В кн.: Материалы рыбохозяйственных исследований Северного бассейна, 1970, вып. 16, ч. I, с. 26—38. Авт.: В. Г. Гвоздева, К. В. Кондратович, В. В. Крылова, Е. И. Серяков.
- Саруханян Э. И., Смирнов Н. П. О применении генетического метода к прогнозу многолетних колебаний температуры воды в Баренцевом море. — «Океанология», 1970, вып. 4, с. 614—621.

Серебренников М. Г. Гармонический анализ. М., Гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1948. 504 с.

Серебренников М. Г., Первозванский А. А. Выявление скрытых периодичностей. М., «Наука», 1965. 244 с.

Серяков Е. И. Многолетние колебания составляющих теплового баланса незамерзающей части Баренцева моря. — «Труды ЛГМИ», 1962, вып. 16, сб. 2, с. 31—37.

Серяков Е. И. О возможности предсказания теплового состояния вод незамерзающей части Баренцева моря на 5-летие. — «Труды ЛГМИ», 1964а, вып. 17, с. 57—61.

Серяков Е. И. Прогноз теплового состояния незамерзающей части Баренцева моря на 1964—1965 гг. — В кн.: Материалы сессии Ученого совета ПИНРО по результатам исследований в 1962—1963 гг., Мурманск, 1964б, с. 57—61.

Серяков Е. И. Фоновый прогноз температуры воды в южных районах Баренцева и Норвежского морей. Исследования по проблеме океан — атмосфера. — «Труды ЛГМИ», 1967, вып. 24 сб. 1, с. 113—116.

Смирнов Н. П. К вопросу о многолетних колебаниях температуры поверхностных вод Северной Атлантики. — «Труды ПИНРО», 1966, вып. 17, с. 287—291.

Солянкин Е. В. О долговременной изменчивости условий воспроизводства основных промысловых рыб Северной Атлантики и морей юга ЕТС. — «Рыбное хозяйство», 1971, № 8, с. 10—13.

Эйгенсон М. С. Современное состояние вопроса о влиянии солнечной деятельности на атмосферу и гидросферу. — В кн.: Сверхдолгосрочные прогнозы уровня Каспийского моря. М., Изд-во АН СССР, 1957, с. 9—13.

On regularities of variability in oceanologic indices of fish production with special reference to the Atlantic system and possibilities of using them for forecasting purposes

E. V. Solankin

SUMMARY

The results of investigations pertaining, on the main, long-term fluctuations in the heat content of the Atlantic waters and possibilities of forecasting them as indices of general oceanologic conditions for reproduction of important commercial species of fish in the Atlantic system, are discussed. Due to a lack of adequate knowledge of the physical background for long-term variability of oceanologic characteristics it is feasible to apply various predicting methods and analyses. An attempt has been made to interpret long-term rhythmic regularities of fluctuations in temperature and their relationship with variations in certain space-geophysical forces for prediction purposes. The forecast of trends in thermal conditions in the Atlantic system coincides with predicting considerations based on the analysis of a proposed development of atmospheric macrocirculation processes.