

УДК 639.2.053.1

**ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ИЗМЕНЧИВОСТИ ВЫСОТНОЙ
ФРОНТАЛЬНОЙ ЗОНЫ И ВОСПРОИЗВОДСТВО НЕКОТОРЫХ
ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ****М. А. Богданов (ВНИРО)**

Колебание численности рыб — одна из наиболее сложных проблем рыбного хозяйства. Известно, что одним из главных факторов, оказывающих большое влияние на воспроизводство и распределение промысловых организмов, являются условия внешней среды.

Некоторые исследователи для выяснения связи воспроизводства рыб с условиями внешней среды часто используют какой-либо показатель, характеризующий изменчивость этих условий. В качестве таких показателей они принимали различные гидрометеорологические характеристики — среднюю температуру деятельного слоя, сток рек, соленость, осадки и т. п., в той или иной степени связанные с циркуляцией атмосферы (Антонов, 1962; Ижевский, 1961, 1964; Ketchen, 1956; Uda, 1952; 1961; Vernon, 1958).

В настоящей работе мы делаем попытку показать связь изменений условий воспроизводства некоторых промысловых рыб с изменениями географического положения высотной фронтальной зоны, являющейся весьма характерным устойчивым показателем интенсивности общей циркуляции атмосферы.

Высотная фронтальная зона представляет собой границу между различными воздушными массами и обладает большими градиентами температуры и давления. Находится эта зона на высоте 5000—7000 м и располагается в среднем в полосе широт от 40° до 60° с. ш., опоясывая как бы кольцом Северное полушарие. Она легко может быть выделена на высотных картах атмосферного барического поля (Байдал, 1959, 1963). К этой зоне приурочена область наиболее интенсивного переноса воздуха, с которым связано преобладающее передвижение приземных барических систем (циклонов и антициклонов), их усиление или ослабление. В свою очередь с характером изменений последних тесно связано динамическое и тепловое взаимодействие моря и атмосферы. Поэтому эту зону мы выбрали в качестве косвенного индикатора соответствующих изменений и в гидросфере.

Изучение многолетнего изменения положения высотной фронтальной зоны важно потому, что наблюдения за атмосферными процессами более длительны и регулярны, чем непосредственные наблюдения над гидрологическими условиями; кроме того, известны закономерности ди-

намики зоны, что позволяет заранее предсказывать тенденцию изменения ее положения.

Фигура, описываемая в Северном полушарии этой зоной, по форме напоминает окружность или эллипс. Геометрический центр этой фигуры, называемый полюсом циркуляции, обычно не совпадает с географическим полюсом, а располагается в одном из районов на окраинной территории Арктики (Байдал, 1959). Поэтому зона на различных меридианах Северного полушария будет находиться на различной широте. Например, если на 180° в. д., в Тихом океане, наблюдается самое северное положение зоны (на широте 60° с. ш.), то в те же годы на меридиане

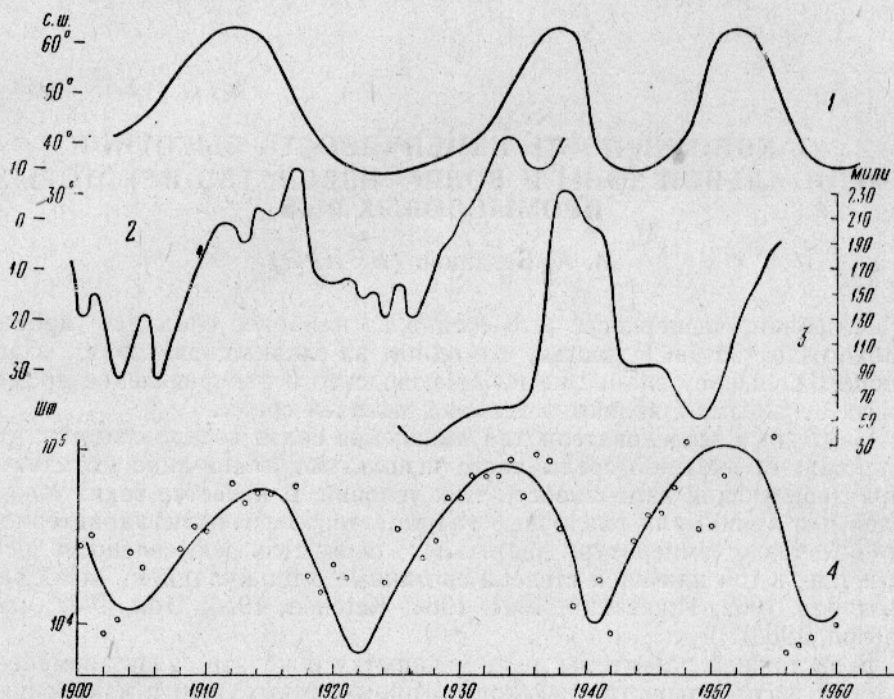


Рис. 1. Кривые изменения положения высотной фронтальной зоны на 180° в. д. (1), повторяемости средних типовых полей приземного барического поля (2) (в усл. ед), отклонения оси Куроисио от берегов Японии (3), уловов желтохвостки (*Siriola quinqueradiata*) в зал. Кумано-Нада (на 1 ставную сеть) (4).

не 40° з. д., в Атлантике, зона занимает самое южное положение (на широте 40° с. ш.), и наоборот. Далее известно, что полюс циркуляции постепенно меняет свое местоположение на более западное, т. е. как бы вращается вокруг географического полюса с востока на запад. Следовательно, и экстремальные положения зоны также будут передвигаться с востока на запад. Учитывая эту особенность динамики зоны, можно выявить тенденцию долгопериодных изменений гидрометеорологических условий, а следовательно, и тенденцию воспроизводства некоторых промысловых рыб. Можно привести несколько примеров, подтверждающих подобную взаимосвязь процессов.

Так, при сравнении кривой 1 многолетнего изменения положения высотной фронтальной зоны на 180° в. д., в Тихом океане (рис. 1), с интегральной кривой 2 (рис. 1) повторяемости средних типовых полей приземного барического поля для летнего сезона можно видеть хоро-

шую согласованность хода этих кривых. Особенностью типовых барических полей летнего сезона является хорошо развитый северо-тихоокеанский максимум. При более северном положении зоны отмечается большая повторяемость северо-тихоокеанского максимума, увеличивается акватория его активного воздействия на атмосферные и гидрологические процессы; при южном положении зоны сужается сфера его воздействия, уменьшается его повторяемость. Подобная связь с положением зоны вполне закономерна и вытекает из понятия высотной фронтальной зоны, являющейся ничем иным как зоной раздела высотных циклонов и антициклонов. К сожалению, непрерывные данные по типам атмосферных процессов над Тихим океаном имеются только с 1900 до 1939 г. (Соркина, 1963) и поэтому проследить связь в последующий период не представляется возможным.

Известно, что изменение давления в области северо-тихоокеанского максимума тесно связано с изменением циркуляции вод в северной части Тихого океана и, в частности, с северным пассатным течением, являющимся одним из звеньев большого субтропического антициклонального круговорота. При развитии северо-тихоокеанском максимуме происходит усиленный вынос воздушных масс по его западной периферии, что способствует усилению пассатного течения. Изменение интенсивности северо-пассатного течения в свою очередь должно отразиться на интенсивности и Куроисио, частным проявлением чего является его меандрирование. За показатель изменения интенсивности циркуляции вод в северо-западной части берегов океана мы приняли положение оси Куроисио относительно берегов Японии (рис. 1, 3). Согласно исследованиям Баталина (1961), усиление течения Куроисио сопровождается отклонением его оси от юго-восточных берегов Японии и подходом к ним как холодных вод течения Ойясио, так и усилением подъема холодных глубинных вод.

На рис. 1 видно, что ход кривых положения фронтальной зоны и отклонения оси течения Куроисио от берегов Японии хорошо согласован. Синхронная связь изменения положения оси Куроисио выражается коэффициентом корреляции, равным $+0,54$; при использовании тех же данных положения фронтальной зоны, но со сдвигом ее на три года коэффициент увеличивается до $+0,87$. Наличие более тесных связей при сдвиге на три года объясняется, по-видимому, очень медленной перестройкой и приспособлением общей циркуляции вод к циркуляционным условиям в атмосфере, особенно на такой большой акватории, как Тихий океан.

Такая тесная связь с условиями гидрологического режима позволяет использовать показатель общей циркуляции атмосферы для характе-

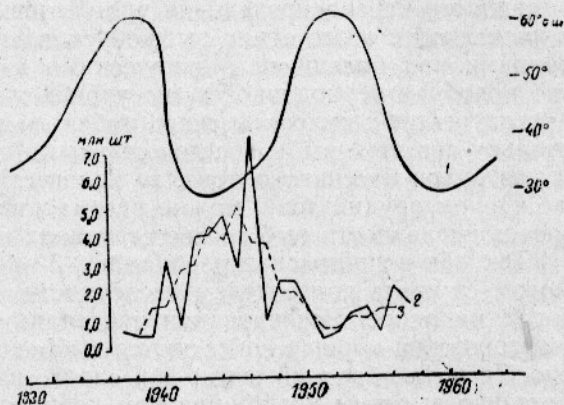


Рис. 2. Кривые изменения положения высотной фронтальной зоны на 160° в. д. (1), колебания численности нерки красной, пришедшей на нерест в оз. Курильское (2), и осредненного по трехлетиям количества нерки красной, пришедшей на нерест в оз. Курильское (3).

ристики типов гидрологического режима и сопоставления их с биологическими процессами.

Для иллюстрации уровня биологических процессов в северо-западной части Тихого океана мы использовали данные японских зимних уловов желтохвостки (*Seriola guingueradiata* из семейства Carangidae) в заливе Кумано-Нада (Kurita, 1961). Данные этих уловов, рассчитанные на усилие, имеют длительный ряд наблюдений, что позволяет проследить долгопериодные колебания уловов этой рыбы. На рис. 1 отчетливо выделяются три периода с максимальными и четыре периода с минимальными уловами. Желтохвостка обитает в основном в прибрежных водах и совершает сравнительно небольшие миграции в зоне соприкосновения прибрежных вод с океаническими. Долгопериодные колебания уловов в заливе Кумано-Нада, по-видимому, вызваны не фактором миграционного перераспределения промысловых скоплений, а изменениями в численности этого стада рыб, обусловленными климатическими изменениями над большими океаническими акваториями. Примечательно, что подобная периодичность в уловах желтохвостки наблюдается и в других районах тихоокеанского побережья Японии (Kurita, 1961). Поскольку лов этой рыбы ведется ставными сетями, т. е. относится к одному из видов пассивного лова, то количество, выловленное одним и тем же числом орудий лова, можно рассматривать как относительный показатель численности рыб соответствующих поколений.

Так как в промысле преобладают 3—4-летки, то улов данного года может служить показателем численности поколений, родившихся 3—4 годами ранее. Исследования показали, что колебания численности желтохвостки хорошо согласуются с изменением положения оси Куро-сио. Теснота обратной связи при сдвиге на три года выражается сравнительно высоким коэффициентом корреляции, равным $-0,69$. Сдвиг сделан на возраст преобладающего в улове поколения, т. е. улов приведен к году рождения. Эту связь можно объяснить наличием более благоприятных условий для воспроизводства желтохвостки, когда ось течения Куро-сио находится близко от берегов Японии, и менее благоприятными в период максимального удаления оси течения, когда прибрежные районы заполняются более холодными водами Ойя-сио и глубинными водами. Через три-четыре года результаты этих условий воспроизводства отражаются на уловах. Поскольку смещение оси Куро-сио, с нашей точки зрения, обусловлено характером макроциркуляционных процессов в атмосфере, на что указывает приведенная нами тесная коррелятивная связь с положением высотной фронтальной зоны, то, естественно, должна иметь место непосредственная сопряженность атмосферных процессов с колебаниями численности желтохвостки. Наша попытка сопоставить колебания уловов непосредственно с положением фронтальной зоны привела к довольно высокому коэффициенту связи, равному $-0,48$.

Можно ожидать существование подобных же связей атмосферных процессов (а следовательно, и соответствующих явлений в гидросфере) с колебаниями численности и других промысловых объектов северной части Тихого океана.

Нами отмечена довольно хорошая согласованность между изменением положения высотной фронтальной зоны и воспроизводством некоторых лососевых. Так, например, наблюдается обратная связь между многолетними изменениями численности производителей нерки красной (р. Озерная и оз. Курильское на Камчатке), пришедших на нерест, и количество которых можно в первом приближении считать за показатель относительной численности поколений, родившихся 5 лет назад, и изме-

нением положения зоны на 160° в. д. Эту взаимосвязь можно объяснить, если учесть некоторые особенности биологии нерки (красной). Известно, что молодь нерки (красной) после выклева из икры задерживается в озере на два-три года, в то время как молодь других стад, нерестующих на Камчатке, скатывается в море обычно в годовалом возрасте (Крогиус и Крохин, 1956; International N. Pacific Fisheries Commission, 1963). Выживание молоди в этот период жизни имеет для воспроизводства нерки (красной) большое значение и зависит в основном от условий в озере. Условия эти определяются рядом факторов (стоком, осадками, температурой воздуха, ветровым режимом и т. п.), многолетние изменения которых в свою очередь определяются атмосферной циркуляцией. К ведущему из абิโอотических факторов следует отнести сток, который создает большие площади нерестилищ, хорошее промывание выметанной икры, что сводится в основном к удалению из гнезд вредных продуктов обмена (Крогиус и Крохин, 1956), а следовательно, и большую вероятность появления урожайных поколений. Большой же сток определяется усиленной циклонической деятельностью в северной части Тихого океана, которая наблюдается в периоды более южного положения высотной фронтальной зоны. Таким образом, при южном положении зоны создаются более благоприятные условия для появления урожайных поколений нерки (красной) и наоборот.

Численность производителей нерки (красной), пришедших на нерест, как было сказано выше, можно в первом приближении считать за относительный показатель численности поколения, родившегося 5 лет назад, поскольку преобладающий возраст нерки (красной), идущей на нерест, равняется пяти годам. Однако за те 2—3 года, которые нерка (красная) проводит в оз. Курильском до ее ската в море, погибает много молоди. Поэтому количество пришедшей на нерест красной правильнее считать за показатель той численности покатной молоди, которая провела 2—3 года в озере и является как бы конечным результатом всех сложных процессов воспроизводства, протекающих в пресных водах.

Для удобства анализа данные колебания численности производителей нерки (красной) мы осреднили методом скользящих средних (по трехлетиям). Это дало возможность исключить короткопериодные колебания численности, которые претерпевает каждое поколение за период его нахождения как в пресных водах, так и в море. При корреляции положения фронтальной зоны и колебания относительной численности сделан сдвиг на три года, т. е. данный показатель численности отнесен не к году рождения, а к концу периода ската молоди. Коэффициент корреляции при этом оказался равным $-0,89 \pm 0,03$. Этот довольно высокий коэффициент показывает хорошую связь сопоставляемых явлений, что дает возможность предполагать, например, что период с 1960 по 1963 г. должен быть благоприятным для появления урожайных поколений нерки (красной).

Долгопериодные колебания уловов горбуши (рис. 3) в реках штата Вашингтон и в р. Фрезер (International N. Pacific Fisheries Commission, 1963; Верноп, 1958), взятые по нечетным годам (годы наибольших уловов) и приведенные к году рождения, также хорошо согласуются с многолетним изменением положения высотной фронтальной зоны на западном побережье Северной Америки (на 120° з. д.). В данном случае наблюдаемая прямая связь между положением фронтальной зоны и урожайными поколениями горбуши объясняется тем, что в периоды, когда зона на 120° з. д. занимает северное положение, над акваторией северной части Тихого океана увеличивается повторяемость циклонального типа атмосферной циркуляции, а следовательно, и связанного с этим

типом большего количества осадков и стока. Увеличение стока благоприятствует появлению урожайных поколений горбуши (Верноп, 1958).

Рассмотренные нами примеры относились к воспроизводству рыб, в той или иной степени связанных с жизнью в море.

Для выяснения взаимосвязи между изменениями общей циркуляции атмосферы и биологическими процессами, происходящими в водоемах

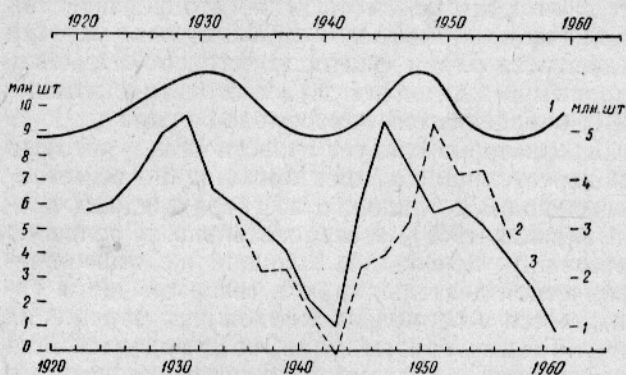


Рис. 3. Кривые изменения положения высотной фронтальной зоны на 120° С з. д. (1) и колебания уловов горбуши в реках штата Вашингтон (2) и в р. Фрезер (3).

омуля приходится на периоды, когда зона на этом меридиане занимает крайне северное положение. Наоборот, при южном положении зоны наблюдаются малоурожайные поколения. Подобное согласование можно объяснить тем, что колебание численности стада омуля по исследованиям С. И. Краснощекова

определяется уровнем р. Селенги и ее стоком в зимне-весенний период. Но ведь именно показатель общей циркуляции атмосферы в известной степени отражает характер и количество атмосферных осадков. Поскольку мы не располагаем многолетними данными о численности поколений, рассчитанными по возрастным показателям в уловах, и многолетними данными по стоку р. Селенги, то ограничимся только констатацией факта согласованности изменения уловов байкальского омуля с положением высотной фронтальной зоной. Следует

указать на еще одну довольно интересную особенность. Г. К. Ижевский отметил, что изменение численности поколений омуля сопряжено с изменением среднегодовой температуры воды на Кольском меридиане. Теснота этой связи выражается высоким коэффициентом корреляции, равным $+0,73$. На первый взгляд этот факт может показаться случайным, однако, учитывая сопряженность изменения положения фронтальной зоны на различных меридианах Северного полушария и то, что с изменением положения этой зоны в океанах и морях определенным обра-

континентальной зоны, мы в качестве показателя многолетних изменений биологических процессов взяли уловы байкальского омуля (рис. 4). При сопоставлении осредненных уловов омуля (со сдвигом на возраст преобладающего в уловах поколения, т. е. на 4 года) с положением высотной фронтальной зоны на 110° в. д. наблюдается довольно тесная прямая связь. Годы урожайных поколений

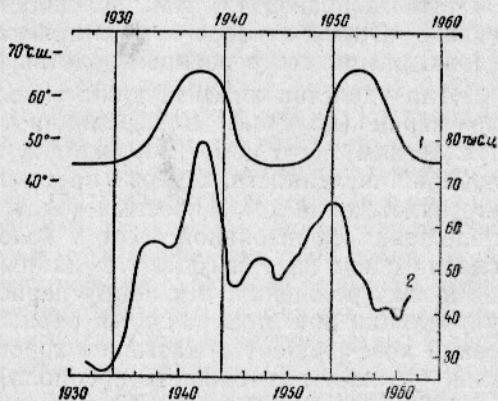


Рис. 4. Кривые изменения положения высотной фронтальной зоны на 110° в. д. (1) и уловов омуля в оз. Байкал (2).

зом меняются температурные условия, можно понять и характер планетарных связей, ранее изложенных в работах Г. К. Ижевского. Приведенные примеры статистических связей с высотной фронтальной зоной в совокупности с нашим знанием закономерностей ее развития дают возможность использовать их для фоновых прогнозов воспроизводства некоторых промысловых рыб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изменчивость положения высотной фронтальной зоны, характеризующая состояние общей циркуляции атмосферы, является устойчивым показателем изменчивости гидрометеорологических условий.

Используя закономерности изменения положения высотной фронтальной зоны, можно с заблаговременностью в несколько лет предсказать тенденцию изменения абиотических условий, которые являются одним из важных факторов воспроизводства промысловых организмов.

ЛИТЕРАТУРА

Антонов А. Е. Фоновый прогноз относительной численности некоторых промысловых рыб Балтийского моря. «Рыбное хозяйство», 1962, № 11.

Байдал М. Х. Эпохальные особенности атмосферной циркуляции и связанные с ними явления. Труды КазНИГМИ. Вып. 10, 1959.

Байдал М. Х. Погодные и климатические характеристики основных форм циркуляции. Труды КазНИГМИ. Вып. 20, 1963.

Баталин А. М. Вопросы меандрирования Куроиси. «Океанология», 1961, № 6. Ижевский Г. К. Океанологические основы формирования промысловой продуктивности морей. Пищепромиздат, 1961.

Ижевский Г. К. Системная основа прогнозирования океанологических условий и воспроизводства промысловых рыб. Изд. ВНИРО, 1964.

Крогиус Ф. В. и Крохин Е. М. Результаты исследований биологии нерки красной, состояния ее запасов и колебаний численности в водах Камчатки. «Вопросы ихтиологии». Вып. 7, 1956.

Соркина А. И. Типы атмосферной циркуляции и связанных с ней ветровых полей над северной частью Тихого океана. Гидрометеиздат, 1963.

International North Pacific Fisheries Commission Bull. N 12. Salmon of the North Pacific Ocean. Part 1, 1963.

Ketchen K. S. Climatic trends and fluctuations in yield of marine fisheries of the Northeast Pacific. J. Fish. Res. Bd. Canada. vol. 13, № 3, 1956.

Kurita S. Statistical investigations on fluctuation in catch of the yellowtail (*Seriola quinqueradiata*) and related oceanographic conditions. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab. № 31, 1961.

Uda M. On the relation between the variation of the important fisheries conditions and the oceanographical conditions in the adjacent waters of Japan. J. Tokyo University of Fisheries, vol. 38, № 3, 1952.

Uda M. Fisheries oceanography in Japan, especially on the principles of fish distribution, concentration, dispersal and fluctuation California Cooperative Oceanic Fisheries Invest. Rep., vol. VIII, 1961.

Vernon E. H. An examination of factors affecting the abundance of pink salmon in the Fraser River. Intern. Pacific Salmon. Fish. Comm. Progress Report, 1958.