

УДК 639.2.053.3(265.22)

МНОГОЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И СОСТОЯНИЯ ПРОМЫСЛОВОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ В РАЙОНЕ КАЛИФОРНИЙСКОГО ТЕЧЕНИЯ

В. И. Киндюшев

Область Калифорнийского течения представляет собой типичный район восточных пограничных течений океана, для которых характерна небольшая скорость основного течения, присутствие прибрежного компенсационного противотечения, хорошо развитое боковое перемешивание, прибрежный подъем глубинных вод. Океанографические особенности района определяют его богатство многочисленными промысловыми скоплениями морских организмов. В настоящее время здесь добывают значительное количество морских водорослей, ракообразных, моллюсков, рыбы. Особенно многообразны рыбные ресурсы: калифорнийская сардина, анчоус, палтус, ставрида, меч-рыба, марлин, различные виды скумбрии и тунцов. До 1952 г. 65% общей добычи промысловых рыб приходилось на сардину, около 90% которой вылавливалось в северных участках района. Уловы сардины непрерывно возрастали с 1916 по 1936 г., когда был максимум вылова, и оставались высокими до 1945 г. Затем по не вполне понятным причинам концентрации сардины начали смещаться к югу и уловы одновременно резко сокращались. С 1962 г. этот вид рыб практически утратил свое промысловое значение. В настоящее время вылов сардины ограничен и делаются попытки восстановить промысловую численность популяции.

Большинство промысловых скоплений образуется в зонах восходящих движений в открытом океане и особенно в областях интенсивного прибрежного подъема вод. Значительные межгодовые колебания промысловой продуктивности делают актуальными вопросы исследования долгопериодных изменений состояния океана в области Калифорнийского течения, их связей с колебаниями продуктивности, долгосрочного прогнозирования промысловых запасов. Некоторые аспекты этих проблем рассматриваются в предлагаемой статье.

Межгодовые изменения океанографических условий в области Калифорнийского течения изучались многими исследователями: Ла Фондом (La Fond, 1939), Д. Ридом (D. Reid, 1960), Г. И. Роденом (U. Roden, 1960, 1961, 1966), Х. В. Стюардом (B. Steward, 1960), Ю. Павловой и В. Бышевым (1971). Особое внимание авторы обращали на специфику океанографического режима района. В межгодовых колебаниях океанографических условий области Калифорнийского течения наиболее важна роль изменчивости атмосферной циркуляции над районом и неравномерность выноса глубинных вод в прибрежных областях. В то же время многолетние колебания океанографических условий в

Калифорнийском районе происходят на фоне долгопериодных изменений климата и океанографических условий всей северной части Тихого океана. Причины этих изменений многообразны. К ним относят и многочисленные космические и геофизические воздействия, которые носят планетарный характер и определяют долгопериодную изменчивость в масштабах океанов.

Для рассмотрения многолетних изменений гидрометеорологической обстановки в районе использованы данные наблюдений прибрежных станций по атмосферному давлению, температуре воды и воздуха, осадкам, уровню и солености вод. Проанализированы графики среднемесячных многолетних аномалий этих параметров и проведен корреляционный и спектральный анализ длительных рядов наблюдений. Изменчивость океанографических условий в открытом океане рассматривали на основе океанологических наблюдений, выполненных по программе Калифорнийской объединенной организации рыбных исследований (CALCOFI) при Бюро Коммерческого рыболовства США. В соответствии с этой программой с 1949 г. в области Калифорнийского течения проводятся регулярные съемки по стандартным разрезам, что особенно важно при изучении многолетней изменчивости.

Регулярные метеонаблюдения в районе охватывают период более 100 лет. Прибрежные океанографические наблюдения по методике, близкой к современной, проводятся с начала нашего столетия. Имеются также разрозненные гидрометеорологические данные, относящиеся к началу и середине прошлого века (Roden, 1966). Эти наблюдения трудно сравнивать с современными. Однако на основании косвенных показателей можно утверждать, что период начала прошлого столетия был более холодным, чем середина XX века, а период примерно с 1849 по 1868 г. был более теплым. В частности, это довольно убедительно показано в исследовании К. Губбса (Hubbs, 1948), проведенном на основе данных по распределению у североамериканского побережья теплолюбивых и холоднолюбивых видов ихтиофауны, и Д. Исаакса (Isaacs, 1969) по анализу донных отложений. В дальнейшем примерно до середины 20-х годов нашего столетия наблюдалось похолодание, а затем продолжительное потепление, на фоне которого прослеживается более холодный период в 1940—1952 гг.

Анализ графиков аномалий температуры воды и воздуха показал, что аномально холодные условия в районе были в 1880, 1894, 1916, 1933 и 1955 гг.; аномально теплые — в 1889, 1926, 1941, 1958 и 1962 гг. При этом ход аномалий на всех станциях подобен, т. е. аномальные значения температуры воды и воздуха прослеживаются вдоль всего североамериканского побережья. Сравнение хода многолетних аномалий температуры воды в области Калифорнийского течения с аномалиями на прибрежных станциях показывает, что изменения температуры в области Калифорнийского течения и вдоль побережья также имеют хорошо выраженную связь. Это говорит об однонаправленности многолетних изменений океанографических условий в пределах всего района.

Аномальные температурные условия обычно совпадают с аномальным состоянием других гидрометеорологических характеристик. Особенно характерны четкие связи аномалий температуры и уровня воды в прибрежных водах. Аномально высокий уровень наблюдался в районе в 1926, 1941, 1958 гг., аномально низкий — в 1910, 1917, 1933 и 1955 гг. Долгопериодные изменения уровня в средних широтах преимущественно зависят от колебаний плотности, которую в основном определяет температура, и атмосферного давления. Вдоль североамериканского побережья эффект воздействия температуры воды и атмосфер-

ного давления на уровень воды складываются. Повышение атмосферного давления вдоль материка, понижающее уровень воды, одновременно интенсифицирует адвекцию субарктических вод и подъем холодных глубинных вод, что также способствует понижению уровня. В области Калифорнийского течения аномально высокое атмосферное давление наблюдалось в 1910, 1917, 1933 и 1953 гг., аномально низкое — в 1926, 1941 и 1958 гг. Величины многолетних колебаний солености и осадков значительно различаются по абсолютной величине в зависимости от местных условий пунктов наблюдений и неоднозначно связаны с изменчивостью других характеристик.

Анализ графиков функций спектральной плотности различных гидрометеорологических параметров показал, что в долгопериодных колебаниях доминируют периоды 10—14, 5—6 и 2,6—3,8 лет. Во многих случаях прослеживается также квазидвухлетняя периодичность. Природа возникновения этих периодов неясна. Скорее всего их появление вызвано взаимодействием большого числа факторов, оказывающих различное влияние на общий ход многолетних колебаний.

Одной из наиболее важных причин, определяющих изменчивость океанографических условий в районе, являются колебания атмосферной циркуляции в области Калифорнийского течения, в особенности колебания интенсивности местных северных и северо-западных ветров. Их воздействие в основном динамическое. Ветры эти влияют на скорость Калифорнийского течения и противотечения и определяют интенсивность выноса глубинных вод в прибрежной зоне. Тем самым они влияют на распределение аномалий различных гидрометеорологических и гидробиологических характеристик по району в целом. Сравнение среднемесячных многолетних изменений продолжительности северных и северо-западных ветров над районом с аномалиями температуры воды на прибрежных станциях и в открытом океане показало, что эти характеристики имеют противоположные тенденции изменений. Тем не менее четкой зависимости между абсолютными значениями этих величин не наблюдается. Наиболее четкие обратные связи прослеживаются весной и ранним летом. В это время северные ветры наиболее сильны и обуславливают интенсивный вынос к поверхности глубинных вод. Хорошо развитое боковое перемешивание способствует быстрому распространению поднявшихся вод непосредственно в области Калифорнийского течения. Также значительна продолжительность северных ветров в августе—сентябре. Однако, как указывает Д. Рид (Reid, 1960), их многолетняя изменчивость в это время незначительна и не может объяснить межгодовые температурные различия. В остальное время года, особенно зимой, северные ветры слабы и их связь с температурой воды неустойчива. Слабую обратную зависимость определяет усиление или ослабление адвекции вод в Калифорнийском течении.

Аномалии температуры воды на прибрежных станциях имеют большие абсолютные значения, чем аномалии в открытом море, что вызвано более сложными условиями их формирования. Вдали от берега формирование аномалий разного знака связано в основном с адвекцией вод и в меньшей степени с процессами бокового перемешивания, вдоль берега — с выносом к поверхности глубинных вод, из-за которого возможно значительное понижение температуры, и степенью развития противотечения, которое может существенно отеплить прибрежные воды.

Чтобы выявить природу формирования аномальных условий, были проанализированы конкретные океанографические ситуации в аномально теплые периоды апреля и октября 1958 г. и аномально холодные периоды июня и октября 1955 г. Весенне-летнее и осеннее время выбра-

ны как периоды наибольшего развития и почти полного отсутствия прибрежного подъема глубинных вод. В результате анализа карты аномалий поверхностной температуры и солености совместно с картами геострофических течений установлено, что при аномально холодных условиях усиливается адвекция субарктических вод, которая может сопровождаться интенсивным прибрежным подъемом глубинных вод. В этом случае происходит осолонение поверхностных вод.

При аномально теплых условиях наблюдается общее ослабление и отход от берега стержня Калифорнийского течения. В целом по району могут наблюдаться или ослабленные южные потоки, или южный поток в океанической части и северный в прибрежной. В последнем случае между северным и южным потоками развиваются циклонические круговороты. Прибрежный подъем вод почти не прослеживается. Аномалии температуры и солености выше в прибрежной части района.

Калифорнийский район отличается повышенными биомассами планктона. В северные участки Калифорнийского течения большое количество планктона приносится из обильных субарктических скоплений. В центральной и южной областях его определяет вынос к поверхности богатых биогенными веществами глубинных вод. В межгодовом масштабе биомасса планктона в районе обратно пропорциональна температуре воды: в холодные годы биомасса выше, а в теплые она понижена. Соответственно, подобные связи должны существовать и между колебаниями урожайности и изменчивостью гидрометеорологических условий.

Сравнение многолетних колебаний суммарных уловов различных видов рыб в области Калифорнийского течения с изменениями температуры по району не обнаруживает четких зависимостей между этими величинами. Это связано с тем, что общий вылов — недостаточно объективный показатель промысловых запасов района. В данном случае не учтены многие факторы, из которых наиболее важна приуроченность различных видов к определенным абиотическим условиям. Рыб района условно можно подразделить на теплолюбивых, холодолюбивых и эвритермных. Для эвритермных и холодолюбивых рыб благоприятные для протекания процессов жизнедеятельности температурные условия совпадают с обильным развитием полей питания и, наоборот, неблагоприятные температурные условия сопровождаются оскудением пищевых запасов.

Связи температуры воды и запасов этих рыб должны быть обратными и хорошо выраженными. Теплолюбивые рыбы обитают в южной части района или за его пределами и распространяются на север при благоприятных для них условиях, т. е. при потеплении. В то же время повышение температуры сопровождается уменьшением количества планктона по району и соответственно пищевых объектов этих видов рыб. В данном случае связи между температурой воды и запасами этих видов рыб выражены менее четко.

Из рис. 1 видно, что объемы зоопланктона обратно связаны с колебаниями температуры воды. В то же время повышение температуры сопровождается расширением ареала тунцов. Уловы желтоперого тунца и скипджека за это же время не обнаруживают достаточно четких связей с колебаниями температуры*. Как было показано Г. Ижевским (1961), при оценке влияния условий среды на промысел необходимо учитывать условия не только в год промысла, но и в предыдущие годы, когда происходило развитие рыбы до достижения ею промыслового

* California's living marine resources and their utilization. St. of California, Dep. Fish and Game, 1971. 146 p.

возраста. Г. Ижевским была предложена формула, позволяющая оценивать влияние условий среды на промысел более точно.

Приведем эту формулу в общем виде. Обозначим данные по уловам за определенный промежуток времени X_i , где $i=1, 2, \dots, n$, и данные параметра среды с той же дискретностью Y_i , где $i=1, 2, \dots, n$.

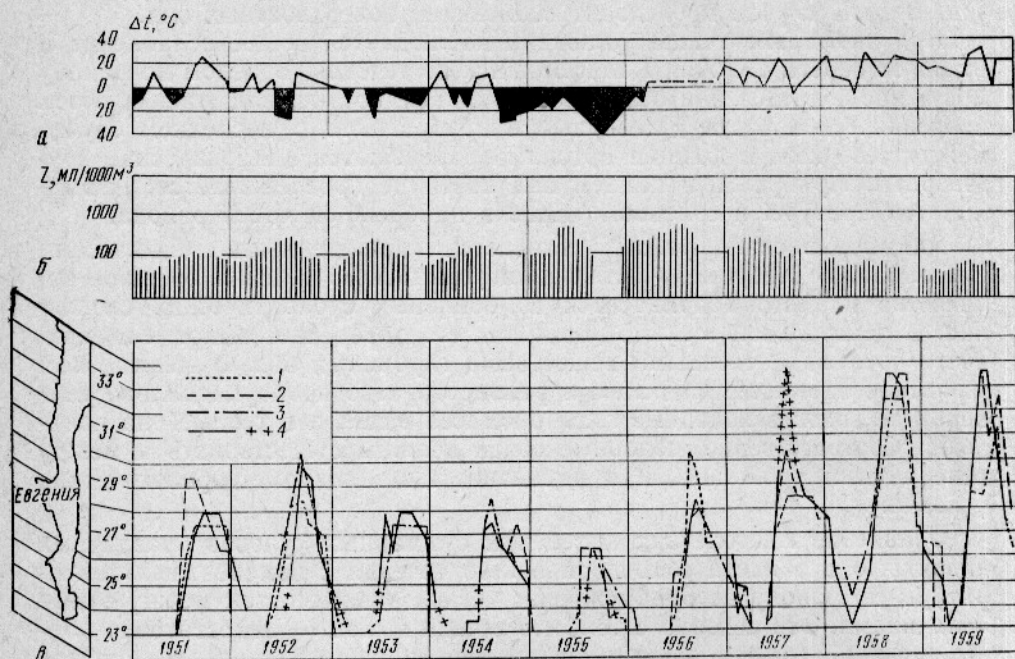


Рис. 1. Аномалии температуры воды на ст. 130. 35 ССОФИ (а) и средние месячные объемы зоопланктона для 25—29° с. ш. (б) в связи с изменениями северной границы изотермы 21,0°С и распространением желтоперого тунца и скипджека (в) за 1951—1959 гг. (по Трайкиллу, 1959):

1 — желтоперый тунец, 2 — скипджек, 3 — желтоперый тунец + скипджек, 4 — изотерма 21°С на глубине 10 м.

Допустим, что промысловое стадо определенного вида составляют рыбы в возрасте от l до $l+c$ лет. Родившееся поколение будет составной частью промысла c лет. Тогда средние условия среды для данного вида за время его развития (Z_i) можно рассчитывать по формуле:

$$Z_i = \frac{1}{c} \sum_{k=l}^{l+c} x_i - k(k - \text{индекс суммирования}).$$

Если между X_i и Z_i существует четкая зависимость, возможна оценка уловов по определенной характеристике среды и их прогноз.

По этой формуле в качестве примера были рассчитаны изменения тепловых условий за период развития желтоперого тунца и анчоуса и проведено сравнение этих характеристик с уловами (рис. 2, 3). Желтоперого тунца вылавливают в основном в возрасте 2—3 лет в южной части района. Для характеристики тепловых условий за время его развития выбрана температура воды в Сан-Франциско. Между уловами этого вида и температурой наблюдается прямая зависимость (см. рис. 2). Уловы анчоуса приурочены к центральным и северным участкам района. Для характеристики тепловых условий в данном случае выбрана температура воздуха на о-ве Татуш. Анчоуса вылавливают в

основном в возрасте 2—4 лет. Из рис. 3 видно, что связь между уловами и тепловыми условиями среды обратная.

Кривые 2 на этих рисунках можно рассматривать как кривые качественного прогноза уловов. Прогноз основывается на истинных наблюдающихся в данное время условиях среды. Точность прогноза мо-

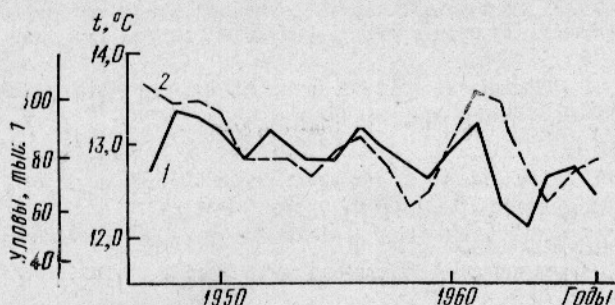


Рис. 2. Колебания уловов желтоперого гунца (1) и изменение тепловых условий за время его развития (2) по температуре воды в Сан-Франциско.

жет быть повышена за счет привлечения данных по относительному возрастному составу уловов. Заблаговременность прогноза по этому методу связана только с биологическими особенностями определен-

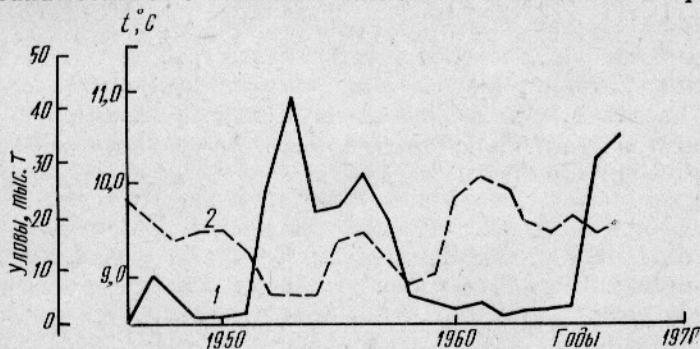


Рис. 3. Колебания уловов анчоуса (1) и изменение тепловых условий за время его развития (2) по температуре воздуха на о. Татуш.

ного вида и составляет в общем случае 1 лет. Большая заблаговременность может быть достигнута при привлечении прогностических значений условий среды.

Выводы

1. Аномальные термические условия в Калифорнийском районе совпадают с аномальными значениями других гидрометеорологических характеристик. Аномально холодные условия наблюдались в 1880, 1894, 1916, 1933 и 1955 гг.; аномально теплые — в 1889, 1921, 1941, 1952 и 1962 гг.

2. В многолетних колебаниях гидрометеорологических характеристик района преобладают периоды 2,6—3,8; 5—6 и 10—14 лет.

3. Прогнозирование уловов отдельных видов рыб в районе по методу Ижевского дает обнадеживающие результаты. Точность прогнозов может быть повышена при учете данных по возрастному составу уловов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Ижевский Г. К. Океанологические условия формирования промысловой продуктивности морей. М., Пищепромиздат, 1961. 213 с.

Киньдюшев В. И. Сезонные изменения водных масс Калифорнийского района Тихого океана. — «Океанология», 1965, т. 4, вып. 5, с. 596—605.

Павлова Ю. В., Бышев В. И. О временной изменчивости циркуляции в северо-восточной области Тихого океана. — «Океанология», 1971, т. 11, вып. 2, с. 217—222.

Hubbs C. Z. Changes in the fish fauna of western North America correlated with change in ocean temperature.— „J. Mar. Res.“, 1948, vol. 7, № 3, p. 459—483.

Isaacs J. D. The North Pacific study.— „J. Hydronaut“., 1969, v. 3, № 2, p. 65—72.

La Fond E. Z. Variation of sea level on the Pacific coast of the United States.— „J. Mar. Res.“, 1929, vol. 11, № 1, p. 39—48.

Reid J. Z., Roden G. J., Wyllie J. G. Studies of the California current system.— CalCOFI, 1958, Rep. № 6, p. 3—49.

Reid J. Z. Oceanography of eastern north Pacific in the last 10 years.— CalCOFI, 1960, rep. no. 7, p. 77—90.

Roden G. J. On the nonseasonal variation in sea level along the west coast of North America.— „J. Geoph. Res.“, 1960, vol. 65, № 9, p. 2809—2827.

Roden G. J. On the nonseasonal temperature and salinity variation along the west coast of the United States and Canada. CalCOFI rep. 8, 1961, p. 95—119.

Roden G. I. A modern statistical analysis and documentation of historical temperature records in California, Oregon and Washington 1821—1964. „J. Appl. Met.“, 1966, vol. 5, № 1, p. 18—47.

Steward H. B. Coastal water temperature and sea level California to Alaska. CalCOFI rep. N 7, 1960, p. 97—102.

Thrailkill J. R. Zooplankton volume of the Pacific Coast. „U. S. Fish and Wildlife Sev.“, Sp. Sci. Rep., Fish, № 326, 1959, p. 13—23.

Long-term variability of oceanographic conditions and commercial productivity in the Californian current area

V. I. Kindyushev

SUMMARY

Background long-term variations in the climate, oceanographic conditions and commercial productivity in the area influenced by the Californian current are considered. Anomalous periods characterized with some hydrometeorological parameters are observed. The character of some anomalous oceanographic conditions with reference to certain real situations is illustrated. Long-term fluctuations in catches are investigated in view of variable abiotic conditions. A possibility of forecasting catches of some species of fish using Izhevsky's method is shown.